

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Gestión de mantenimiento de una flota de máquinas
retroexcavadora Caterpillar 420F2**

Alfredo Martin Velarde Sanchez

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A mi esposa Fiorella por su incondicional apoyo, siendo ella la razón de mis metas y sueños anhelados.

DEDICATORIA

A mis señores docentes por su guía didáctica, por compartir con mi persona con cocimientos y consejos que serán de gran ayuda en el desenvolvimiento de mi profesión.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
INDICE	iv
RESUMEN	vii
INTRODUCCION	x
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Hipótesis y descripción de variables	3
1.4.1. Hipótesis.....	3
1.4.2. Variables.	3
1.4.2.1. Variable independiente.....	3
1.4.2.2. Variable dependiente.....	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes del problema.....	4
2.2 Bases Teóricas.....	6
2.2.1 Historia	6
2.2.2. Definiciones	7
2.2.3. Tiempo del ciclo	8
2.2.4. Uso	8
2.2.6. Utilidades.....	9

2.2.7. Tipos.....	9
2.3. Partes de la retroexcavadora	10
2.4 Retroexcavadoras y Más Costo	14
2.5. MODELOS y MARCAS DE RETROEXCAVADORAS.....	15
2.5.1 SELECCIÓN DE LAS EXCAVADORAS.....	15
3. LA RETROEXCAVADORA.....	17
3.1. Componentes	17
3.3. Tipos de Trabajo	21
3.4. Rendimiento de una Retroexcavadora	22
3.5. Consideraciones para obtener una Retroexcavadora de obra.	22
4. MANTENIMIENTO DE RETROEXCAVADORAS EN GENERAL.....	24
4.1. Mantenimiento.....	24
4.2. Transmisión Reversomática	25
4.3. Consejos de Seguridad Operativa.....	26
4.4 Tipos de mantenimiento	27
5. Gestión de Mantenimiento.....	40
5.1 Evolución De La Gestión De Mantenimiento	41
5.2 Fundamentos De Gestión De Mantenimiento.....	43
5.3 Funciones De Gestión De Mantenimiento	45
5.4. CICLO DE GESTION DE MANTENIMIENTO	47
5.5. Características del Sistema de Gestión de Mantenimiento	48
5.6 Estructura de procesos del SGM.....	50
5.7 Normalización SGM (Márquez, 2019)	51
6. Industria Pesada	53
6.1 Maquinaria Pesada	54
7. Lubricación de Maquinaria	74
CAPÍTULO III	77

METODOLOGÍA.....	77
3.1. Métodos, y Alcance de la Investigación	77
3.2 Diseño de la investigación.....	77
3.3 Población y muestra.....	77
3.3.1. Población.....	77
3.3.2. Muestra	77
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	77
CAPÍTULO IV	79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
4.1 Resultados del análisis y tratamiento de la información	79
CONCLUSIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Dimensiones generales de una retroexcavadora	11
Tabla N° 2: Disponibilidad mecánica para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo	79
Tabla N° 3: Disponibilidad mecánica una vez implementado el programa de mantenimiento preventivo	81
Tabla N° 4: Resumen realizado en el procesamiento de casos	82

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Representación gráfica de dimensiones de una retroexcavadora	12
Figura N° 2: Componentes principales de una retroexcavadora	18
Figura N° 3: Unidad Giratoria	19
Figura N° 4: Tren de Rodaje.....	19
Figura N° 5: Generaciones de Mantenimiento.....	42
Figura N° 6: Ciclo De Gestión De Mantenimiento	48
Figura N° 7: Interacciones en los procedimientos del SGM	51
Figura N° 8: Disponibilidad mecánica para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo	79
Figura N° 9: Disponibilidad mecánica una vez implementado el programa de mantenimiento preventivo	81
Figura N° 10: Disponibilidad mecánica después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.	86

RESUMEN

La presente investigación titulada “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE MÁQUINAS RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 420 F2”, tiene por propósito plantear una mejoría en la gestión de mantenimiento para el funcionamiento de la máquina retroexcavadora Caterpillar 420f2, fomentando el deber de los que conducen la organización.

En el negocio donde se realiza levantamiento de tierras, el equipo pesado juega una función de suma importancia teniendo una participación de 90% aproximadamente del coste total de operatividad, por lo que aquellas compañías que están compitiendo en el mercado, tiene que garantizar la reducción de los costes de operacionalidad en el mantenimiento de los equipos.

Para la compra de equipos regularmente las inversiones requieren de un financiamiento que principalmente requieren de los porcentajes de interés vigentes al momento, es por lo que la eficiencia y eficacia están presente cuando se obtiene las metas, optimizando los recursos por medio de una herramienta de gestión confiable.

INTRODUCCION

Toda empresa debe trabajar con la gestión de mantenimiento, ya que es una actividad de mucha relevancia para el monitoreo de los activos fijos operables. Cuando una empresa no cuenta con una excelente gerencia de mantenimiento tiende a generar gastos irremediables por detención inesperada.

Generalmente, los métodos de gerencia de bienes, son aquellos relacionados al modelo de gerencia de la calidad que posee la responsabilidad de garantizar la eficiencia de los distintos bienes empleados. Cuando hablamos de recursos nos referimos a todo aquello que se necesita para garantizar una operatividad efectiva y segura de los procedimientos operacionales, equipos y maquinarias, personal, material, instalaciones, servicios públicos, ambiente de trabajo, y otros que se ameriten.

Por medio de la planificación estratégica, la gerencia toma decisiones a mediano y largo plazo en relación a su capacidad de producción, recursos disponibles, disposición física, ubicación de las instalaciones, así como otros componentes decisivos para alcanzar los fines de la empresa.

El Sistema de Producción (SP), nos permite definir los procedimientos, recursos, capacidad de fabricación, productos y requisitos de infraestructura, así como el recurso humano indispensables para conservar y mejorar la eficacia y eficiencia operacional de la producción. Basándonos en los requerimientos y planes creados, el SP tiene que tener a disposición los procesos acordes que aseguren la efectividad, productividad y disponibilidad de los recursos empleados en sus procesos operativos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La Gerencia de Equipos de la Empresa Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A, entre sus más grandes problemas y decisiones que debe enfrentar se encuentra la sustitución de los activos de producción como lo es reemplazar las máquinas retroexcavadoras. Teniendo el conocimiento que realizar una pronta sustitución comprende un sub-aprovechamiento de los recursos, así como el tardío implica experimentar altos costes y riesgos, lo que amerita una evaluación de los costos de mantenimiento correctivo que posibilite definir el tiempo óptimo de máquinas retroexcavadoras Caterpillar 420f2.

Para esto se determinan los siguientes componentes en términos cuantitativos:

- Costes de capital.
- Eficiencia (costes de producción y/o cantidad producida).
- Costos de operación y mantenimiento.
- Requerimientos legales.
- Confianza y Riesgos (a la productividad, al medio ambiente, a la imagen institucional, a la seguridad, reparaciones, etc.)

Es por ello que planteamos en la presente investigación la siguiente interrogante:

¿Cómo se puede valorar la gestión de mantenimiento de una flota de máquinas retroexcavadoras la cual facilite la posibilidad de indicar un tiempo óptimo?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Determinar la gestión de mantenimiento para la flota del equipo Retroexcavadoras Caterpillar 420f2.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Realizar un análisis a la gestión de mantenimiento para la flota de máquinas Retroexcavadoras Caterpillar 420f2.
- Realizar un diagnóstico del mantenimiento para la flota de máquinas Retroexcavadoras Caterpillar 420f2.
- Realizar el Cálculo del mantenimiento para la flota de máquinas Retroexcavadoras Caterpillar 420f2.

1.3 Justificación

La disponibilidad de la Retroexcavadora, está garantizada siempre y cuando al momento de requerirla, esta disponga de un proyecto de mantenimiento.

La inspección realizada a la gestión de mantenimiento, simboliza el punto de arranque. Involucrando de esta manera la necesidad de idear y vincular las labores posibles que deben realizarse para alcanzar los objetivos y resultados deseados.

Actualmente no se tiene un plan de mantenimiento relacionado a la flota de máquinas Retroexcavadoras, es por eso la obligación de implementar una gestión de mantenimiento específico para este sistema.

De igual manera es importante proponer una solución adecuada a los problemas creados en la Retroexcavadora, a través de este plan de mantenimiento y apoyar a los interesados con la información.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

Ho. Establecer el plan de mantenimiento de una flota de máquinas retroexcavadoras Caterpillar 420f2, proporcionara un mecanismo adecuado para la gestión del mantenimiento.

H1. Diseñando un plan de mantenimiento de retroexcavadoras Caterpillar 420f2, se contará con un método adecuado, con la creación de fichas técnicas para el control y evaluación del mantenimiento.

H2. Determinando el porcentaje de disposición de las Retroexcavadora Caterpillar 420f2, se obtendrá la disposición conforme al diagnóstico.

1.4.2. Variables.

1.4.2.1. Variable independiente.

Gestión de mantenimiento.

1.4.2.2. Variable dependiente.

Retroexcavadora Caterpillar 420f2.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Revista RENOVETEC, (2012).

Artículo: Ingeniería de mantenimiento.

Guía práctica para la gestión efectiva del mantenimiento industrial.

Autor: Santiago García Garrido.

Durante el desarrollo industrial sucedidos a finales del siglo XIX, el proceso de mantenimiento ha vivido distintas fases. Iniciando la revolución industrial, los mismos operadores se responsabilizaban por los arreglos de los equipos.

A medida que las maquinarias han sido más complicadas y la atención a actividades de reparaciones se incrementaba, comenzaron a generarse las primeras dependencias de mantenimiento, con tareas diferentes a las de los operadores de producción. Estas actividades en las épocas mencionadas eran principalmente como correctivos, destinando toda su atención a dar solución a problemas que ocurrían en los equipos.

El mantenimiento tiene como objetivo principal garantizar la disponibilidad de la instalación para generar un mínimo de horas establecidas en el año. Es un error creer que el mismo es conseguir la mayor disposición posible (100%) debido a lo costoso que resulta y no rentable. Conseguir entonces el objetivo manifestado como disponible con un costo definido termina siendo por lo general suficiente.

Al momento de tomar la decisión entre las posibilidades para afrontar el mantenimiento de una instalación industrial, se encuentran mínimo dos de ellas: una es hacerlo con personal de la empresa y la otra con contrataciones foráneas. Ambas presentan ventajas y desventajas que deben ser evaluadas correctamente previo a tomar la decisión de cual modelo es más adecuado para afrontar las actividades de mantenimiento de la planta.

Revista Técnica Industrial, (2012).

Artículo: Diseño de un plan de mantenimiento para una máquina de alta fiabilidad. **Autor:** Francisco Javier Martínez Monseco.

En este artículo se muestra una guía para el diseño de un plan de mantenimiento para todo tipo de sistema industrial.

Como ejemplo se crea un plan de mantenimiento de una máquina de alta fiabilidad, tal como una central hidroeléctrica, donde la disposición inmediata y la fiabilidad son de suma importancia para su funcionamiento.

De igual manera puede acoplarse a otros sistemas industriales que posean iguales propósitos operativos (líneas de fabricación), transportes (aviones, trenes) involucrando también elementos de seguridad y de medioambiente en su perfecta operatividad. En la actualidad la sociedad demanda la existencia de procesos industriales que garanticen la mayor disposición de los sistemas y al mismo

tiempo, exista el menor número de consecuencias que impidan la indisponibilidad del proceso.

Las estrategias de mantenimiento en los últimos 20 años, han tenido bases en garantizar la continuidad de los procesos permitiendo que trabajen como los usuarios quieren y en el momento que ellos decidan. En esta guía se muestra un esquema por pasos para la implementación, revisión o modificación de las actividades que amerite el sistema industrial.

Por ultimo con esta guía se quiere presentar la experiencia y conocimiento que se tiene sobre el sistema de mantenimiento y pueda ser utilizado para optimizar los objetivos de mantenimiento del sistema por estudiar.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Historia

(ROMÁN, 2019) *“En 1835 inicia la técnica de la maquinaria pesada y con ella el descubrimiento de la “draga de pala,” la cual excavaba el terreno y la piedra firme, para luego embarcarla en carros. Era un equipo impulsado a vapor y subido en vías para su traslado. Las vías del carril fueron ubicadas eventualmente en minas y grandes proyectos de excavación para poder hacer uso de esta nueva máquina”.* (ROMÁN, 2019).

Continuando con la historia de este tipo de maquinarias, (ROMÁN, 2019) comenta que, que este tipo de equipo (draga de pala) eran máquinas de gran

tamaño y con desplazamiento reducido, convirtiéndose la retroexcavadora su sucesora, más pequeña y más versátil.

(ROMÁN, 2019) *“No obstante, desde 1900 a 1950, la retroexcavadora aún no estaba en capacidad de operar en proyectos pequeños, fue a partir de 1950 con el auge del desarrollo residencial y la construcción de casas que los fabricantes fueron estimulados a rediseñar esta máquina de tal manera que se capaz de funcionar en espacios reducidos”.* (ROMÁN, 2019)

(ROMÁN, 2019) *“En 1957, el ingeniero Elton Long llevó al siguiente nivel la versatilidad de la retroexcavadora montando un cargador al lado contrario de la máquina, actualmente llamada cargadora retroexcavadora.”* (ROMÁN, 2019)

2.2.2. Definiciones

Es una máquina autopropulsada caracterizada por su adaptabilidad y su capacidad de trabajo en lugares pequeños, esta máquina se coloca sobre un bastidor creado exclusivamente para portar al mismo tiempo, una máquina de cargamento frontal y el de retroexcavación, de manera que pueda emplearse en tareas de excavación y cargamento de material.

El termino retroexcavadora es empleado comúnmente para mencionar a una cargadora retroexcavadora, pero en realidad solo es el brazo y el cucharón empleados en la excavación de material, guiándolo a la parte trasera de la máquina, de igual manera es conocido como agente posterior o trasero.

2.2.3. Tiempo del ciclo

Es una responsabilidad propia de cada equipo y de sus capacidades para el trabajo donde intervenga el ángulo de giro, la altura de corte o profundidad y en cuanto a los portadores frontales, la distancia de viaje. Es considerado un ciclo como la totalidad de las actividades de corte, viaje o desplazamiento, rotación con carga, descarga, rotación vacía y retorno vacío. En este tipo de maquina el traslado es nulo o muy pequeño, valorándolo en cero este tiempo.

Con la intencionalidad de dar a conocer más de la teoría de las retroexcavadoras, a continuación se habla del uso, finalidad, utilidad y tipo de las mismas, de acuerdo a (ROMÁN, 2019)

2.2.4. Uso

“(ROMÁN, 2019)

- *La retroexcavadora es una máquina que se usa para realizar excavaciones en terrenos. Es una variante de la pala excavadora.*
- *Habitualmente se usa en obras para el movimiento de tierras, para hacer rampas en solares, o para abrir surcos dedicados al pasaje de tuberías, cables, drenajes, etc., así como también para preparar los sitios donde se asientan los cimientos de los edificios.*
- *Excavaciones a cielo abierto cuando se necesita cargar y transportar en unidades de acarreo los materiales sobrantes de la excavación.*
- *Explotación de materiales granulares en terrazas aluviales, para obtención de agregados.*

- *Construcción de alcantarillas, en las cuales puede participar en la excavación, la colocación de la tubería y la colocación del material de relleno”. (ROMÁN, 2019)*

2.2.5. Finalidad

“(ROMÁN, 2019)

La retroexcavadora tiene por finalidad:

- *Cavar material pétreo a bajos niveles del suelo de donde la maquina se ubica y depositarlo a un nivel más elevado con gran facilidad y rapidez.*
- *Excavar tramos de terreno con mucha profundidad y poco ancho de cavado.*
- *Transportar material de un lugar a otro a distintos niveles de altura”. (ROMÁN, 2019)*

2.2.6. Utilidades

“(ROMÁN, 2019)

La retroexcavadora es muy usada en el campo de la construcción vial para:

- *Realizar las zanjas para las tuberías*
- *Para remover material*
- *Mover materiales usados en el área de la construcción (tubos, maderos, vigas de metal, etc.). (ROMÁN, 2019)”*

2.2.7. Tipos

Román en su estudio plantea que existen dos tipos de retroexcavadoras:

- *Con chasis sobre neumáticos*
- *Con chasis sobre cadenas (ROMÁN, 2019)*

“En la retroexcavadora con neumáticos el tren de rodamiento es el compuesto de ruedas de caucho. Los órganos de mando de desplazamiento, dirección y frenos están en la cabina del conductor. La estabilidad durante el trabajo se asegura con seguros independientes de las ruedas”. (ROMÁN, 2019)

“En las retroexcavadoras de cadenas el chasis está soportado por dos cadenas en paralelo. Así mismo la operación es similar a la de neumáticos, mandos se encuentran en la cabina del conductor”. (ROMÁN, 2019)

2.3. Partes de la retroexcavadora

Román explica que la retroexcavadora está compuesta de las siguientes partes básicas:

a) *“Equipo especialmente configurado que sirve de vehículo y de elemento de apoyo a la herramienta de trabajo. Este equipo está provisto de contrapesos (del cual hace parte el motor) para equilibrar los grandes impactos, durante la operación, por la carga los cuales tienden a desestabilizar la máquina.” (ROMÁN, 2019)*

b) *“La herramienta de trabajo la cual consta de las siguientes partes:*

- *“**Pluma:** Es un elemento acodado de sección variable articulado en la parte delantera del tractor a la derecha de la cabina del operador. Puede ser de una pieza o de dos piezas. La de una sola pieza tiene longitud constante, y la de dos piezas tiene tres alternativas de variar su longitud”.*

- **“Brazo:** Es un elemento, también de sección variable, articulado en la punta de la pluma en uno de sus extremos y en el otro se articula el cucharón”.
- **“Palanca de descarga:** Es un elemento compuesto de dos piezas que sirve para hacer girar el cucharón, con lo cual se logra el llenado o vaciado del mismo”.
- **“Cilindros de elevación:** Son dos cilindros hidráulicos apoyados en el tractor con conexión en el codo de la pluma y los cuales sirven para elevar o bajar la misma”.
- **“Cilindro del brazo:** Es un cilindro hidráulico apoyado en la pluma y conectado en el extremo anterior del brazo. Sirve para controlar los movimientos del brazo”.
- **“Cilindro de descarga:** Es un cilindro hidráulico apoyado en el brazo y conectado en el vértice de la palanca de descarga. Es el cilindro encargado de controlar los movimientos del cucharón”.
- **“Cucharón:** Es el recipiente en el cual se deposita el material excavado. Está provisto de dientes en su borde para facilitar el arranque de los materiales”.
- **“Sistema Hidráulico:** Es el conjunto de circuitos hidráulicos que controlan el movimiento de todos los cilindros antes descritos.” (ROMÁN, 2019)

Dimensiones

Descripción	Versión con equipo retro desplazable (m)	Versión axial
A longitud Total	5,57	7.13
B Distancia entre ejes	2,20	2.20
C Altura de la cabina	2,90	2.90
D Altura de la pluma en posición de transporte	3,95	3.95
E Distancia al suelo	0,45	0.45
Anchura total	2,40	2.40

Tabla N° 1: Dimensiones generales de una retroexcavadora

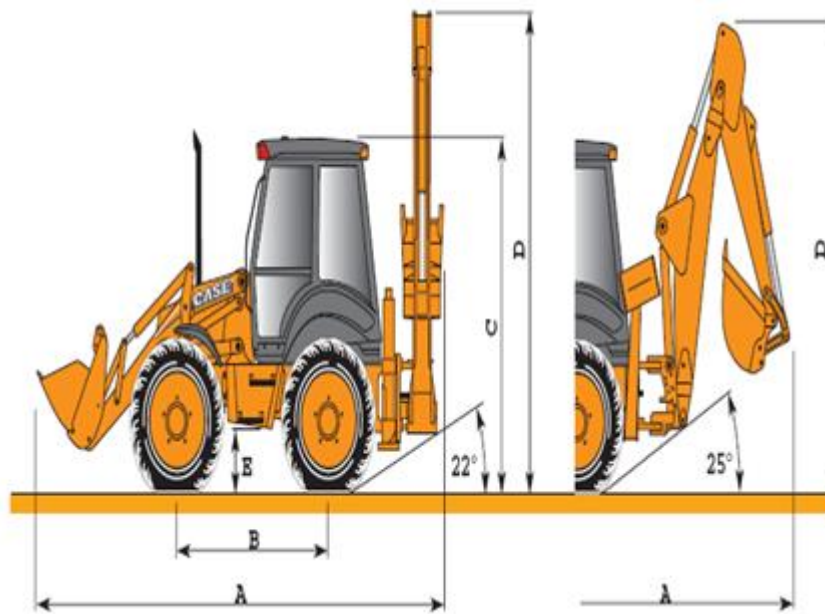


Figura N° 1: Representación gráfica de dimensiones de una retroexcavadora

Funciones de rendimiento

La retroexcavadora, cuenta con un volumen teórico el cual varía de acuerdo a los tipos de tierra y con la dimensión de sus aditamentos. Al conocer la dimensión de estos, se logra definir aproximadamente el rendimiento de una máquina calculando las veces que realiza la pasada en una hora.

En un levantamiento de tierra el rendimiento de la maquina puede ser de aproximadamente 60 m³ cúbicos por hora.

El cargador de la retro tiene un volumen aproximado que es determinada por medio de la carga que lleva éste, los cálculos verdaderos de las cargas significativas tendrán mejor resultado que con las estimadas.

El TT (tiempo total) que tiene una máquina para el cargamento de tierra, resulta de la adición de 4 elementos: tiempo variable de movimiento con carga (TVC), tiempo de carga (TC), tiempo de vaciado (TV) y tiempo variable de traslación del equipo vacío (TVV).

$$TT = TVC + TV + TC + TVV.$$

El rendimiento de una retroexcavadora es estimado al descomponer su periodo de empleo en secciones representativas, esta permanecerá con carga, a lo largo de una fracción de su trayecto, lo que hace innecesario dividir el tiempo de carga de dicha operación.

Teniéndose el TVC utilizado por el impulsador en su trayecto con el cargamento, y el tiempo (TVV) utilizado al retornar en retroceso para recoger la carga siguiente, esto se hace con el equipo alzado y vacío.

Los tiempos variables pueden calcularse sencillamente fraccionando el espacio recorrido entre la rapidez de movimiento, en metros por minuto (m/min) para la marcha seleccionada.

Al determinar los tiempos variables de esta forma, no se considera el tiempo de la llegada del reposo a la velocidad reglamentada del trayecto o viceversa.

Ese tiempo extra recibe el nombre de aceleración o desaceleración, y es considerado tiempo fijo (TF) debido a su propiedad continua. De realizar el trayecto en distinta dirección en un cambio que únicamente necesite el cambio de marcha de adelante hacia atrás, se estima que el tiempo fijo del impulsador es de 0.10 a 0.15 m.

De necesitarse una variación extra a velocidad muy rápida en alguna de los sentidos, el tiempo fijo puede ser estimado en 0.20 a 0.30 m. El tiempo total del periodo del impulsor se establece por la variación de la ecuación.

$$TT = TF + TVC' + TVV'$$

Criterios de utilización

La operatividad y utilización de la retroexcavadora están relacionados a los siguientes criterios:

- a) Escoger métodos de operatividad que introduzcan la mínima altura de carguío o mínimo ángulo de vueltas probables.
- b) Intentar mantener el área de labor lo más equilibrada que se pueda para impedir mostrar cargas perjudiciales que desestabilicen.

2.4 Retroexcavadoras y Más Costo

Las extraordinarias son más costosas, ciertos compradores eligen usarlas, teniendo cierta consideración al momento de comprarlas.

Es aconsejable recordar que, en primer lugar, los equipos no serán totalmente nuevos, no dejar de tener en cuenta que la retroexcavadora es empleada para altas cargas de trabajo y para operar en la planta física.

La retroexcavadora usada logra ser utilizada para dar solución práctica industrial. Otros usan retroexcavadoras con precios de 20.000 a 30.000 dólares, de acuerdo al proveedor.

La retroexcavadora es un equipo de suma importancia por lo que se recomienda sea adquirido por un profesional. Estos equipos cuando son usados no tienen garantía y el comprador no tiene claro para que va a ser empleada y si ha sido tratada adecuadamente con un mantenimiento acorde.

Finalmente, un comprador debe definir las ventajas y desventajas de adquirir un equipo nuevo o usado. Al haber evaluado los pros y los contras, se encontrará en mayor capacidad para tomar la decisión de escoger la mejor opción a comprar.

Asimismo, evaluar los diferentes vendedores del mercado y de esta manera poder evaluar los precios.

2.5. MODELOS y MARCAS DE RETROEXCAVADORAS

Actualmente hay diversos fabricantes de equipos para trabajos de ingeniería y lo que lleva a una extensa cantidad de marcas, así como varios tipos de máquinas. Existen diferentes marcas en el mercado entre las cuales se encuentran: Case, Komatsu, Caterpillar (CAT), Massey, Volvo, John Deere, Ferguson (MF), etc.

2.5.1 SELECCIÓN DE LAS EXCAVADORAS

Al momento de realizar excavaciones para zanjas o taludes lo más ideal es el uso de la retroexcavadora, así como para la carga de unidades de transporte. Debido a su composición la longitud del brazo es más grande, facilitándole mejor adaptabilidad por su magnitud en relación a profundidad y altura.

Por el costo

En cuanto a la relación de costo, este debe ser estimado por metro cúbico empleado por la excavadora. Para el cálculo se debe tener en cuenta características como la dimensión de la actividad. Al éste incluir la manipulación de volúmenes de material de gran tamaño, se llega a justificar la utilización de una excavadora de grandes dimensiones. Otra particularidad es el traslado de la maquina a la obra, ya que el coste de movilización y desmovilización llegan a ser más altos, si las maquinas son muy grandes.

Cuando se trabaja en terrenos pedregosos, el coste de perforación y voladura suelen ser superiores al realizarlo con excavadoras pequeñas, ya que se necesita mucho más explosivos para segmentar la piedra en partes más pequeñas, en cambio con una excavadora de mayor tamaño logra manejar también segmentos de roca más grandes.

De acuerdo a la situación del trabajo

El volumen del cucharón es seleccionada de acuerdo a su capacidad de poder manejar el material. De tener roca bien segmentada o material sencillo de excavar, los cucharones pequeños pueden operar el material sin necesidad de aplicar demasiada energía para excavar el material. Asimismo, hay diversidades de cucharones para un trabajo en específico otorgándole mucha más versatilidad.

Existe otra característica de importancia al momento de escogerla, la cual es su unión con las unidades de transporte. Estas unidades deben tener una capacidad de carga de cuatro a cinco veces la proporción del cucharón. De igual manera, el

modelo lo establece la altura de la tolva en relación al terreno o de la excavadora, estando en la capacidad de llegar a la parte elevada de la tolva para la descarga del material.

Al momento de excavar zanjas, es de vital importancia lo amplio del cucharón ya que no debe exceder lo amplio de la excavación y alcanzar la fuerza suficiente de corte. De igual forma es importante su profundidad y el radio de actividad de la excavadora.

La carga en el cucharón indistintamente la actividad, su peso no debe sobrepasar la máxima carga de diseño o también conocida como, máxima carga de equilibrio estático. Esto puede ocasionar, que la excavadora se voltee y dañe o causarle algún daño al operario. Es recomendable por seguridad no alcanzar el tope, solamente a una proporción del valor, como se manifiesta en el cálculo de la producción.

3. LA RETROEXCAVADORA

3.1. Componentes

Como se muestra en la figura 2 y citando a (Barros, 2019), la retroexcavadora consta de tres estructuras:

- *“La plataforma giratoria*
- *El tren de rodaje*
- *El aditamento.*

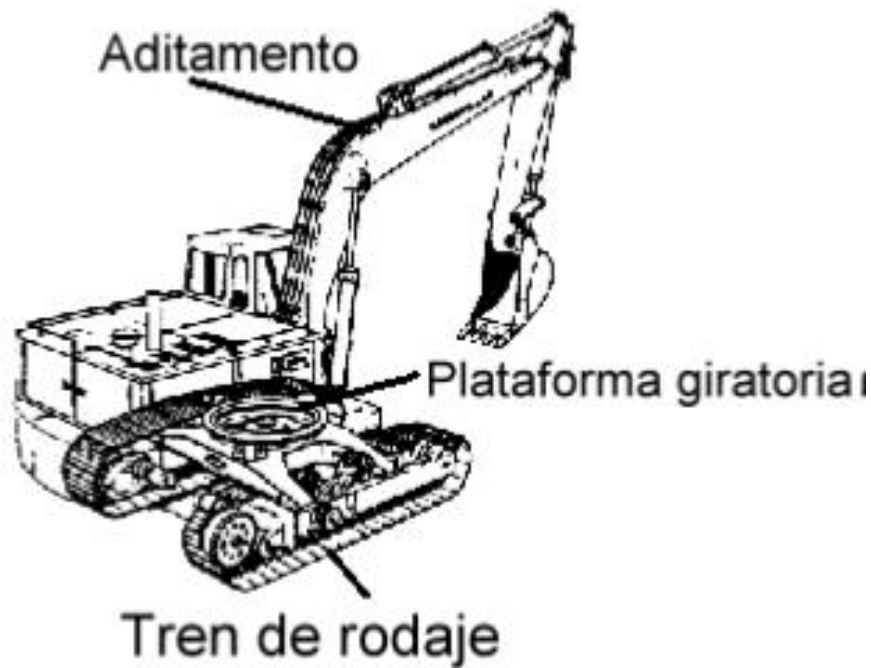


Figura N° 2: Componentes principales de una retroexcavadora

“La Unidad Giratoria” (Barros, 2019)

Como se muestra en la figura 3 y citando a (Barros, 2019), la unidad giratoria *“Consta de una fuerte plataforma rectangular de acero, configurado y reforzado para soportar el motor, las bombas, el aditamento, los controles y la cabina, que descansa y gira en un tornamesa. “*

“El centro de rotación suele estar adelante del centro, esto hace que el mayor peso de la plataforma este en la parte trasera para contrarrestar el peso y la tracción de la cuchara excavadora. Además, se incluye un contrapeso de gran tamaño de hierro en la parte posterior que puede ser hasta el 20% del peso total de la excavadora. “

Figura N° 3: Unidad Giratoria



“Tren De Rodaje.” (Barros, 2019)

De igual forma en la figura 4 y citando a (Barros, 2019), *“el motor y las bombas están transversales en la parte trasera que tienen por función mover todo el cuerpo de la retroexcavadora para poderse desplazar en el terreno. “*

“Generalmente el tren de rodaje es por orugas las cuales permite que la maquinaria tenga una estabilidad y se desplace la maquina sin hundirse ni patinar en los terrenos. “

“El bastidor es muy fuerte e incluye el tornamesa y los ejes muertos o travesaños que transmiten su peso a los bastidores. También se incluye el engrane de giro en el cual se acoplan el piñón de giro que se extiende hacia abajo desde el bastidor de la plataforma. “(Barros, 2019)

“La propulsión de la maquina se realiza mediante motores hidráulicos reversibles montados en los bastidores de las orugas.”



Figura N° 4: Tren de Rodaje

Continuando con la descripción de los componentes de la retroexcavadora y citando a (Barros, 2019), describimos la pluma, el brazo y el cucharón.

1. LA PLUMA

(Barros, 2019) *“Es de forma curva o tipo cuello de cisne cóncava en dirección al suelo, con el objeto de permitir cavar de manera profunda sin obstrucción de las orugas, está articulada en muñones muy fuertes que están a dos o tres pies atrás del borde de la plataforma.”*

2. EL BRAZO

(Barros, 2019) *“El brazo del cucharón está ligado al borde de la pluma y conectado a la biela del cilindro o varilla del brazo en el borde superior y con los brazos de descarga y el cucharón en la parte de enfrente.”*

“Cuando se retrae el cilindro, se mueve el cucharón hacia fuera, esto es lo que se llama extensión o alcance.”

3. EL CUCHARON

(Barros, 2019) *“El cucharón es el encargado de excavar y recoger el material, está controlado por un cilindro de doble efecto, el cual nos permite recoger y soltar el material.”*

Clasificación por sistema de traslación

1. Retroexcavadoras subidas encima de cadenas (orugas).
2. Retroexcavadoras subidas encima de ruedas (neumáticos).

Los diseñadores de sistemas hidráulicos, entre sus diversos beneficios emplean combinaciones de distintas válvulas proporcionadas activadas con novedoso joystick. Igualmente, las flexibles y eficientes transmisiones facilitan a los operarios de una retroexcavadora escoger distintos métodos de conducción.

Utilizando control electrónico en, los motores, bombas y válvulas proporcionadas satisfacen la necesidad de rendimiento inclusive para la capacidad de operación más compleja.

Los operadores de estos equipos pueden beneficiarse de un control exacto, de fácil utilización, de extraordinaria maniobra y movilidad, mucha más vida útil de la máquina con menor tiempo de estar inactiva y una sensación de confianza indispensable en todo lugar de trabajo.

3.3. Tipos de Trabajo

En explotaciones mineras y actividades de extracción de gran tamaño, la excavadora hidráulica con la que se trabaja tiene los siguientes tipos:

- El H.O. Empleado en actividades de mayor exigencia, de enorme fuerza de excavación y movimientos veloces.
- El G.O. Utilizado en general para excavaciones, con ciclos veloces y menos empleo de combustible.
- El F.O. Empleado en actividades de acabado que demandan esencialmente movimientos leves.
- El L.O. Utilizado para alzar cargas significativas, con mucha más presión y menos velocidad, el operario puede disponer de mucha potencia y efectuando movimientos exactos.
- Pluma – giro

3.4. Rendimiento de una Retroexcavadora

La retroexcavadora, posee un volumen teórico que cambia con los tipos de terrenos, más o menos en el levantamiento de tierras el rendimiento de una máquina oscila entre 60 m cúbicos por hora.

Y el volumen cercano del cargador logra establecerse por medio de la carga que esta transporta.

El tiempo total de una máquina para el cargamento de tierra se define a través de la siguiente ecuación:

$$TT = TVV + TC + TV + TVC.$$

En que: TVV= tiempo variable de traslado del equipo vacío. TC= tiempo de carga. TV =tiempo de vaciado. TVC= tiempo variable de movimiento con carga.

3.5. Consideraciones para obtener una Retroexcavadora de obra.

Para la compra de una máquina retroexcavadora se deben tener ciertas consideraciones, citando a (WILDER, 2019), empezamos describiendo las partes de dicho equipo.

(WILDER, 2019) “La máquina retroexcavadora está compuesta de 3 partes.

- 1. Tractor.*
- 2. Cargador. Dispositivo de forma rectangular.*
- 3. Cubos en la parte posterior del tractor. Normalmente de estar siendo utilizado, el borde frontal plana de la cargadora se asienta en el suelo para nivelar el vehículo. Para algunos modelos se tiene un equipamiento opcional que involucra pastillas de la calle y los estabilizadores traseros para una mejor versatilidad y rendimiento.” (WILDER, 2019)*

Al momento de utilizar una retroexcavadora, se debe haber realizado una inspección que garantice el no poseer ningún tipo de problemas mecánicos, hidráulicos ni eléctricos. Claro está que utilizar un equipo usado es mucho más económico que uno nuevo, pero no se debe olvidar los costos de mantenimiento.

Al hallar la solución en el funcionamiento de la retroexcavadora incrementará su rendimiento y utilidad alargando a la vez la actividad de la misma. Los trabajadores en el área de servicios están a cargo de proporcionar al operador las partes que necesiten las maquinas tanto nuevas como usadas para mantenerlas en perfecto estado.

Para un mejor resultado de lo antes expuesto se debe realizar un contrato de servicios que se encuentre en distintas partes del país, de esta manera no importa en el lugar que se encuentra la retroexcavadora, el personal de servicios podrá contar con las partes que sean necesarias para dar solución al problema.

Al momento de realizar la compra de una maquina usada, se debe tener presente los costos de mantenimiento vinculados al uso, por lo que no solo es escoger el modelo y marca, sino también los servicios y quien lo distribuye. La maquinaria pesada destinadas a la construcción, principalmente las usadas tiende a desgastarse y romperse en algún tiempo, lo que amerita un vínculo importante con el concesionario para el mantenimiento preventivo y arreglos.

Asimismo, se debe conocer las políticas de servicio de los distribuidores, verificar cómo operan las fallas, el traslado, si sustituyen la retroexcavadora dañada hasta su reparación.

Este punto es de suma importancia ya que los proyectos de construcción se ajustan a un cronograma de tiempo, por lo que se debe tomar en cuenta los

problemas que le causaría al contratista estar con la maquina dañada por un largo periodo de tiempo.

Igualmente, se tiene que realizar cálculos al momento de adquirir una maquina usada o nueva, ya que no es productivo gastar mucho dinero a largo plazo en arreglos al comprar una usada, comparándolo con la compra de una nueva.

Con lo anterior expuesto, se da un ejemplo citado por (WILDER, 2019), donde explica los costos de una maquina usada. *“El número de horas de uso es un criterio principal para estimar el precio. Por ejemplo, un 14 base-modelo 'retro profundidad de excavación se vende nuevo por \$ 55.000 a \$ 75.000, mientras que el mismo modelo pero que se utilizan durante 2.000 horas se puede encontrar por alrededor de \$ 30.000. Si las horas de operación son aún más, el precio baja más.”* (WILDER, 2019)

4. MANTENIMIENTO DE RETROEXCAVADORAS EN GENERAL

4.1. Mantenimiento

Las retroexcavadoras necesitan de un servicio de mantenimiento preventivo, motivado a las actividades de gran exigencia que se realizan en espacios de mucha contaminación por distintos elementos que dañan los distintos sistemas funcionales: malezas, productos químicos, agua, polvo, tierra, etc.

Este comprende lubricación, limpieza, ajustes mecánicos, cambios de filtros e inspección, ayudando a lograr el óptimo rendimiento de la máquina, previniendo daños.

Estas, están sujetas a rigurosas actividades, con altos números de horas/día sometidas a seguidas actividades, por lo que es requerido el acatar la regularidad de dicho mantenimiento.

Con la programación del mantenimiento establecido conforme a las horas de actividades acumuladas se obtendrán grandes ventajas económicas como de producción: evitando rompimientos no previstos, alargando su vida útil, y paralizaciones que afectan su productividad, mantener la confianza del equipo y asegurar la terminación de las actividades.

Cumpliendo con una planificación de mantenimiento se previene principalmente los denominados “Gastos Ocultos”, como los son:

- Rompimientos por utilizar mal la máquina.
- Tiempo improductivo del operario por paralizaciones que pudieron ser evitadas.
- Reducción de la vida útil de la maquina (amortización).
- Accidentes por desperfectos de la máquina.

4.2. Transmisión Reversomática

Mientras las actividades sean más rigurosas y demanden más eficiencia, las exigencias de mantenimiento son mucho más altas, por lo tanto, adquiere muchas más importancias la calidad de los filtros y aceites para cuidar este sistema.

Los grupos funcionales tienen la responsabilidad del traslado del equipo y de obtener los tiempos de operación óptimos en relación a la rapidez de reacción del equipo para recibir el mejor puesto y torque de actividad para el traslado, empuje y movilización de cargas.

Los aceites tienen que ser diseñados para que el tren de propulsión y el resto de los elementos del sistema logren el equilibrio practico entre las propiedades de fricción dinámica y estática, entre los componentes metálicos, así como los no metálicos, garantizando una vida útil más grande de los embragues inversores de

dirección de avance y la duración de los elementos que integran al sistema: convertidor, bomba, sistema de válvula y unidad de dirección.

Sistema hidráulico industrial

La pala frontal y del cucharón trasero se mueve al responder a los comandos particulares de los bancos de válvulas de adelante y atrás, suministrados por la bomba.

Este sistema trabaja completamente con aceite hidráulico de gran especificación, a razón de recibir la rapidez operativa perfecta para la actividad.

A medida que el aceite dure funcionando más de lo adecuado, afectara en primer lugar la vida útil de las empaquetaduras de los pistones, debido a que las piezas blandas son las que reciben los contaminantes del aceite, conjuntamente con una dañina reacción y escape en el conjunto de válvulas que conducen los distintos desplazamientos de las dos palas.

4.3. Consejos de Seguridad Operativa

1. Utilizar el cinturón de seguridad.
2. Garantizar la visión en todas las actividades.
3. Exigir y utilizar en todo momento componentes de resguardo personal.
4. Identificar los riesgos de los impedimentos aledaños.
5. Hacer rondas para inspeccionar el equipo
6. Usar los sentidos
7. En todo momento realizar un recorrido de inspección al momento de bajarse de la máquina así como al comenzar y terminar el turno.

8. Al variar la manera y sitio de operación, mantenerse atento por esta nueva posición hasta acostumbrarse al lugar.

4.4 Tipos de mantenimiento

A continuación se describen los tipos de mantenimiento citados por (Ventura, 2019):

Mantenimiento preventivo

“Consiste en realizar las labores de engrase, lubricación y reparaciones menores o mayores programadas (antes de que ocurran las fallas), indicadas en las pautas y/o manuales de mantenimiento y lubricación, entregados por los fabricantes cuando se compra una máquina”. (Ventura, 2019)

Mantenimiento predictivo

“Consiste en realizar evaluaciones programadas, a fin de obtener parámetros de funcionamiento de las máquinas y compararlos con los parámetros dados por los fabricantes. Incluye inspecciones visuales y auditivas, a fin de descubrir ruidos o señas fuera de lo esperado”. (Ventura, 2019)

Mantenimiento correctivo

“Consiste en realizar labores de reparaciones luego que se ha presentado la falla. Es un tipo de actividad que puede ser programada (backlogs) o no programada”. (Ventura, 2019)

“Si el mantenimiento es programado ha venido de alguna inspección de monitoreo de condiciones o de un servicio de mantenimiento preventivo o predictivo, por lo que va a significar que se hará una paralización programada y coordinada con el área de obras”. (Ventura, 2019)

“No ocasionará mayor gasto que el mínimo necesario y previsto, pero si es no programado va a significar una parada inesperada de máquina, con las consecuencias inherentes, como son el retraso de la obra, costo de reemplazos de máquinas más caros, pago al personal administrativo con la obra paralizada, repercusión en otros frentes de obra, que tendrán que sufrir paralización también inesperada.” (Ventura, 2019)

“Los mantenimientos correctivos programados requieren de menos repuestos que los no programados. Normalmente las reparaciones no programadas involucran cambios de repuestos que normalmente no deben ser cambiados nunca, o con muy poca frecuencia”. (Ventura, 2019)

Software de mantenimiento

La empresa Caterpillar maneja un software de mantenimiento para sus equipos, por lo que a continuación se realiza una descripción del mismo y su manejo, así como su importancia para el funcionamiento de las mismas.

Citando a (CAT, 2019) el **“Monitoreo de maquinaria: La tecnología da un impulso a la evolución del concepto de mantenimiento, pues permite aprovechar información relacionada al diagnóstico de fallas”**. (CAT, 2019)

“La electrónica y las comunicaciones digitales, radiales y satelitales permiten obtener y conocer datos de los parámetros más importantes del funcionamiento de las máquinas (con ayuda de sensores, transmisores y receptores), los que son enviados a los servidores de los fabricantes, para que luego, por medio de un software que sirve como interfase HMI (human machine interface), se pueda acceder a dicha información a fin de que sea usada para prevenir fallas de magnitud.” (CAT, 2019)

“El monitoreo de condiciones, adicionado a una evaluación de la planificación de la producción y de los ciclos de trabajo de las máquinas van a conducir al máximo rendimiento de estas en obra y por lo tanto a la maximización del buen uso de los recursos, lo que significa maximización de la productividad, con los beneficios económicos que ello trae”. (CAT, 2019)

Mantenimiento de maquinaria pesada

Asimismo para la empresa Caterpillar el mantenimiento de maquinaria pesada consiste en: (CAT, 2019) *“La maquinaria pesada o maquinaria amarilla son equipos de alta potencia que requieren cuidados específicos para conservar su buen estado y extender su vida útil. Cuando estos equipos han cumplido cierto tiempo se deben realizar mantenimientos que además de reparar las posibles fallas, previenen algunas futuras, de modo que no se afectan los procesos para los cuales son creados”. (CAT, 2019)*

“Todos los equipos o máquinas en general requieren de un mantenimiento que se debe ejecutar con cierta frecuencia. Aquí es donde se realizan cambios de

aceite, filtros y engrase, entre otros. Es donde desarrollamos una estrategia de mantenimiento que nos permite proyectar y/o planificar en una línea de tiempo las actividades que serán necesarias para mantener su maquinaria". (CAT, 2019)

Mantenimiento industrial

De igual manera indica que (CAT, 2019) "El mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción, en la actualidad el mantenimiento se ve como una inversión que ayuda a mejorar y mantener la calidad en la producción". (CAT, 2019)

Mantenimiento autónomo

"El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del (TPM) mantenimiento productivo total y es la acción más difícil y que más tiempo lleva en realizar, por lo difícil de dejar la forma habitual de trabajo". (CAT, 2019)

Análisis de riesgo retroexcavadora

¿Los neumáticos reducen la estabilidad?

Una retroexcavadora cargadora se apoya en un tractor. Los neumáticos de este le otorgan una serie de ventajas particulares que la diferencian de otros equipos que se apoyan, por ejemplo, en un sistema de orugas.

- Entre las ventajas principales están:
- Mayor movilidad
- Menor daño del terreno

- Mayor capacidad de trabajo con la hoja

En un principio se pensó que los neumáticos de la retroexcavadora cargadora no podrían otorgarle al brazo retroexcavador la estabilidad suficiente para hacer trabajos fuertes; sin embargo, la retroexcavadora cargadora posee estabilizadores que se ponen en funcionamiento cada vez que han de ejecutarse esas tareas.

Usualmente la retroexcavadora es utilizada para los movimientos de tierra, para aperturar canales designado para el paso de cables, drenajes, tuberías, etc, pendientes en solares, al igual que para tener listo los sitios en los que se colocaran los cimientos.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Citando a (Mora, 2019), *“El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento que sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento. El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión de manteamiento en donde se desarrolla programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función al diseño y de su construcción”* (Mora, 2019)

Este tipo de mantenimiento nace a inicios de los años setenta. Con un gran esfuerzo entre el gobierno y la industria aeronáutica norteamericana para optimizar el mantenimiento preventivo, para esto la frecuencia PM se determina de forma estadística para el equipo.

De esta manera los daños son evitados determinando los arreglos más grandes sustituyendo las actividades de mantenimiento correctivo con actividades apoyadas en su estado luego de cumplir el periodo establecido de utilización de la máquina.

De acuerdo al libro de John Moubray (Reability Center Maintenance), comenta la existencia de tres clases de mantenimiento de acuerdo a su desarrollo.

El primitivo ocurría al instante que surgía la falla o un ruido extraño. La segunda al momento que aumenta el trabajo mecánico de la industria por la ausencia de mano de obra, es cuando se realiza el mantenimiento preventivo. Y finalmente comenzó luego de los años setenta con la revolución tecnológica surgiendo la necesidad de poner en marcha herramientas y técnicas por los costes de fabricación; es cuando nace el mantenimiento planificado.

Para ello cito a (Mora, 2019) quien indica que la *“filosofía del RCM1, emplea las técnicas del Mantenimiento Preventivo PM, Mantenimiento Predictivo e inspección, Reactivo y Mantenimiento Proactivo de una manera integrada con la finalidad de incrementar la probabilidad de que el equipo funcione de una manera requerida sobre su vida de diseño con el mínimo mantenimiento realizado”*. (Mora, 2019)

“La finalidad principal es de mantener su función de diseño, con la requerida confiabilidad y disponibilidad a bajos costos. En varios países desarrollados, rigurosos análisis del RCM han sido usados extensivamente por las industrias de la aviación, aeroespacial, de defensa y nucleares donde las fallas funcionales

tienen el potencial de un resultado en cuantiosas pérdidas de vida, implicancias de seguridad nacional y de impacto extremo al medio ambiente”. (Mora, 2019)

“El Análisis de RCM está basado en un análisis de Modo y Efectos de Falla (FMEA), en donde se incluye los cálculos de la confiabilidad del sistema. Este es usado para determinar las tareas de mantenimiento más adecuadas para cada modo de falla, identificando sus consecuencias”. (Mora, 2019)

Evolución del Mantenimiento y los Tipos

Tomando en cuenta que el mantenimiento es un grupo de tareas a ejecutar en las maquinas, equipos e instalaciones que tiene la empresa, con el objetivo de adaptarlas oportunamente para que operen regularmente y logren otorgar el servicio planeado, en un mínimo de tiempo y costo posible.

La explicación del crecimiento de la gestión del mantenimiento, se distingue en tres periodos del siglo XX y un cuarto periodo para el nuevo milenio, advirtiendo que estos periodos no poseen una clara frontera.

♣ Primer periodo

Abarca alrededor de 1930 a 1950, concretamente hasta la Segunda Guerra Mundial, entendiendo actividades como arreglar los problemas que mostraban los equipos, limpiezas, lubricaciones y engrases periódicos.

♣ Segundo periodo

Impulsado por los adelantos tecnológicos experimentales en la industria de la guerra, surge el periodo denominado de segunda generación, que abarca de los años 50 hasta finales de los 70.

En la industria los objetivos fueron: su motivación fue la industria militar oriental que inicio con grandes avances, disposición operativa de las vías de producción y la urgencia de que los equipos perduren el máximo posible en estados operativos apropiados a un bajo costo.

Estos objetivos fueron alcanzados a través del uso de sistemas de mantenimiento preventivo apoyado en análisis cíclicos a maquinas instalaciones y medios en general, notándose la intervención innecesaria a lo largo de la vida útil sino que era suficiente corregir una serie de fallas, hacer algunos engrases o supervisiones concretas en función al kilometraje recorrido, al número de horas trabajadas, etc.

En este periodo el mantenimiento consiste en realizar arreglos precisos en el caso de fallas o arreglos programados de mantenimiento rutinario y correctivo, apoyados en los antecedentes de operaciones de las maquinas.

En este año se implanto el empleo de herramientas informáticas y software, para agilizar la creación de una base de datos obligatorios para tomar decisiones de manera correcta en el alcance de las actividades de planificación y control.

Al final de esta generación se llegó a una conclusión en cuanto la optimización, en relación a las consistencias y periodicidades de las supervisiones cíclicas

preventivas, luego de optimizadas los sistemas de planificación y control ingresaban en un detenimiento lo que quiere decir los costos, disponibilidad y fiabilidad se detenían.

El análisis de este problema llevo a concluir que la estabilización o detenimiento se lograba en cierto punto en donde cualquier de los 3 ratio a reparar involucraba el deterioro de uno de los dos asociados.

♣ Tercer Periodo

Este periodo contempla los años 1980 a finales del siglo pasado, comenzando con el propósito de costos, fiabilidad y disponibilidad, completando con elementos que pasaron a ser prioritarios como la seguridad, para lo que se crearon leyes, reglamentos y normas.

De igual manera, la calidad de los servicios empieza a hacerse presente por parte de las empresas y por esto nace la norma ISO 9000, 9002 y 14000, esta última comprende el cuidado del medio ambiente, fundamental para estos tiempos.

La duración de los equipos es otro elemento importante estudiados según los costos del periodo de vida; esto pasa a ser definitivo en la compra, ya no solo es importante la mantenibilidad y fiabilidad; es decir, ya no deben corresponder para la toma de decisión que fuesen los costos menores posibles.

La demanda de estabilidad entre los costos, fiabilidad y disponibilidad, era imposible atenderlos en el segundo periodo, ya que era necesario modificar la manera de ver el mantenimiento, por ello fue necesario la incorporación de nuevos modelos a participar en las maquinas e instalaciones sólo cuando fuese necesario.

En otras palabras, no se realizan tareas preventivas de rutina, al menos que estas deban cumplirse obligatoriamente o posean una eficiencia y rentabilidad comprobada; así nacen los mantenimientos de acuerdo a condición o peritados, el mantenimiento predictivo que busca actuar previo a que el equipo presente una falla o un grave deterioro.

En este periodo se integra el análisis de riesgo como táctica para el mantenimiento. Si la falla de una maquina no implica algún riesgo o este es reducido y aceptable, se deja que la maquina falle.

De 1980 en adelante los sistemas expertos se incluyen de forma masiva a los componentes electromecánicos, eléctricos y electrónicos los cuales llegan a memorizar ciertos incidentes analógicos o digitales que ayudan a controlar las plantas, máquinas y el estudio severo y técnico para crear solicitudes de mantenimiento.

En relación a las fallas, se definió que no hay que estudiar sólo los daños sino igualmente los motivos en un ámbito operativo, sabiéndose que las maquinas no presentan las mismas fallas en un lugar como en el otro, es por ello, que el accionar es distinto.

Los cambios finales en este periodo, está en el método de intervención activa del recurso humano, afectado por el sistema de calidad japonés, apartando tácticas autoritarias utilizadas con anterioridad.

Asimismo, se destaca el sacar los servicios, comprendiéndose que la contratación foránea de los servicios de mantenimiento contrae una táctica extraordinaria para la reducción de los costos.

♣ **Cuarto Periodo**

Comprende finales de la década del siglo pasado a la actual. En este periodo surge la determinación de incorporar los conceptos novedosos de mantenimientos nacidos a finales del siglo XX; es por ello que, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y metodologías RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) son mantecnologías organizativas que suelen ser y son valederas, sólo en cierta área del mantenimiento.

Otros de los progresos en este periodo es la gestión de mantenimiento dirigida no a logros técnicos del área de mantenimiento, sino a los clientes, apoyado en la identidad de los clientes externos como internos, comprendiéndose que la realización del estudio de los resultados debe hacerse de forma integral con su entorno y no de manera individual.

El sacar los servicios profundiza no únicamente alcanzar contratos con mejores costos y la prestación de un mejor servicio, sino de igual manera se toma en

consideración hacer más agradable la tarea de mantenimiento, alentando a realizar procedimientos de mejora continua a través de la filosofía “cuanto más ganas tu más gano yo”, constituyendo ratios medibles, indicadores y objetivos precisos de la actividad; es decir, tener claro de dónde partir para que el contratista siga la mejora de los mismos.

Otros elementos que son considerados es la certificación de calidad, ya estas no serán separadas sino integrales, que entiende garantizar la calidad como el cuidado del medio ambiente, competencia y seguridad de los trabajos.

Método Modo y Efecto de Falla (FMEA)

Citando a (Barrientos, 2019) *“El FMEA es una herramienta principal del RCM para la optimización de la gestión de mantenimiento. Este método permite identificar problemas antes de que afecte al equipo dado su importancia operacional”.* (Barrientos, 2019)

“Orientado a la función de cada sistema del equipo que luego deriva a un subsistema determinando su función y su anti función para finalmente encontrar el modo de falla de cada uno. Está orientado no solo a la operación de cada equipo sino también a los componentes individuales de cada sistema”. (Barrientos, 2019)

“El criterio FMEA busca saber la falla para luego llevarla como una condición insatisfactoria que se reduce a la pérdida de una función (paro de la operación) o a pérdida de calidad (continuidad de operación con baja productividad)”. (Barrientos, 2019)

El proceso de implementación del FMEA2 dependerá básicamente a la definición de los siguientes pasos:

- *Definición de funciones.*
- *Determinar las fallas funcionales.*
- *Identificar los modos de fallas.*
- *Determinar los efectos y consecuencias de fallas”. (Barrientos, 2019)*

Fallas Funcionales

Continuando con las descripciones de las fallas, sus modos y efectos, para ello se cita a (Barrientos, 2019), quien indica que la falla funcional *“es la ocurrencia no previsible en el momento de la operación, tiene como consecuencia que el activo no pueda cumplir con función principal, operando de una forma insatisfactoria.”* (Barrientos, 2019)

“El nivel de la falla funcional depende la consecuencia que puede generar al momento de la operación. Las diferentes fallas funcionales pueden ser de forma parcial o total. La pérdida parcial ocurre cuando el activo no puede ejecutar sus funciones con el estándar deseado, y la pérdida total ocurre cuando un activo se detiene por completo de forma inesperada”. (Barrientos, 2019)

Modos de Fallas:

Estos son los factores físicos que dan origen a las fallas funcionales, citando a (Barrientos, 2019) dice:” *El análisis de modo de falla organiza las actividades de mantenimiento a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo para atacar a*

los modos de falla asociados a cada falla funcional siendo esta una forma no tradicional de gestionar las tareas de mantenimiento. El registró y los modos de fallas deben identificar todas las posibles causas”. (Barrientos, 2019)

Valorización de un Equipo

(Barrientos, 2019) “El proceso de valorización establece horas mínimas mensuales, por lo que, si una unidad se incorpora a la obra de construcción por un periodo menor al mes, esta se calcula de forma proporcional al periodo de incorporación. Las horas programadas son establecidas por el proyecto de forma mensual. La valorización del equipo se empieza contabilizar desde el día que el equipo llega al proyecto con el operador. En caso de que el equipo llegue sin operador no valoriza hasta que cuente con este”. (Barrientos, 2019)

“Para los equipos de producción como las Excavadoras, la Gerencia de Equipos establece la disponibilidad mecánica operada que no sea menor a lo establecido (DMO => 90%). En caso de que las horas trabajadas sean mayores a las horas mínimas, son consideradas como bolsa de horas para ser valorizadas al siguiente mes”. (Barrientos, 2019)

5. Gestión de Mantenimiento

Para (Márquez, 2019) la “gestión de mantenimiento es el trabajo de planificación y control que debe realizarse para maximizar la disponibilidad y efectividad de la infraestructura requerida por el sistema de producción”. (Márquez, 2019)

Este tipo de gestión tiene como objetivo la optimización de la operatividad de los elementos de la organización de fabricación en relación a las normativas y propósitos creados por la empresa:

- ♣ Mínimo coste (mantenimiento y ausencia del mismo)
- ♣ Condiciones apropiadas (cumplir con las exigencias)
- ♣ En el sitio acorde
- ♣ Optimizar el tiempo. En este punto se debe colaborar de manera importante

con la eficiencia en la operatividad de fabricación de una empresa.

Para (Márquez, 2019) *“El mantenimiento es un proceso de apoyo a la cadena de valor del SP que, si bien no agrega valor directo, su ausencia o ineficiencia puede establecer la diferencia entre una empresa competitiva y una empresa estancada y en vías de desaparición”*. (Márquez, 2019)

Frecuentemente se cree de manera equivocada que el realizar un mantenimiento se convierte en gasto y no en una manera de invertir, que utiliza elementos y no en que incrementa valorización al bien y llegando a pensar:

- ♣ Al momento de gastar, se dice que no se necesita.
- ♣ Al ir todo bien, no se recuerda que existe.
- ♣ Cuando en verdad no existe, todos acuerdan en que debe existir.
- ♣ Y Cuando algo va mal, dicen que no existe.

Las empresas tradicionalistas tienden a mantener esa posición, afectando la actuación de toda la empresa y sus posibles objetivos de entrar en el mercado.

5.1 Evolución De La Gestión De Mantenimiento

Las maneras de gestión de mantenimiento, en los últimos tiempos han progresado rápidamente en pro del perfeccionamiento de la perdurabilidad,

disposición y fiabilidad de maquinarias y piezas cada día de mayor complejidad.

Los cambios se originan principalmente por las siguientes causas:

- ♣ Aumento en la potencialidad del mercado.
- ♣ Infraestructura compleja y tecnología avanzada introducida en los procedimientos operacionales.
- ♣ Tecnología desarrollada para localizar averías en las maquinas.
- ♣ Utilización de programas estadísticos para prevenir y predecir averías.

En cuanto a los componentes, la diversidad de procedimientos de mantenimiento ha cambiado en un elemento fundamental para el triunfo de las empresas y en la actualidad es un procedimiento fusionado a los sistemas operacionales.

Variación de técnicas y expectativas

La actividad de mantenimiento ha pasado por tres generaciones desde 1930:

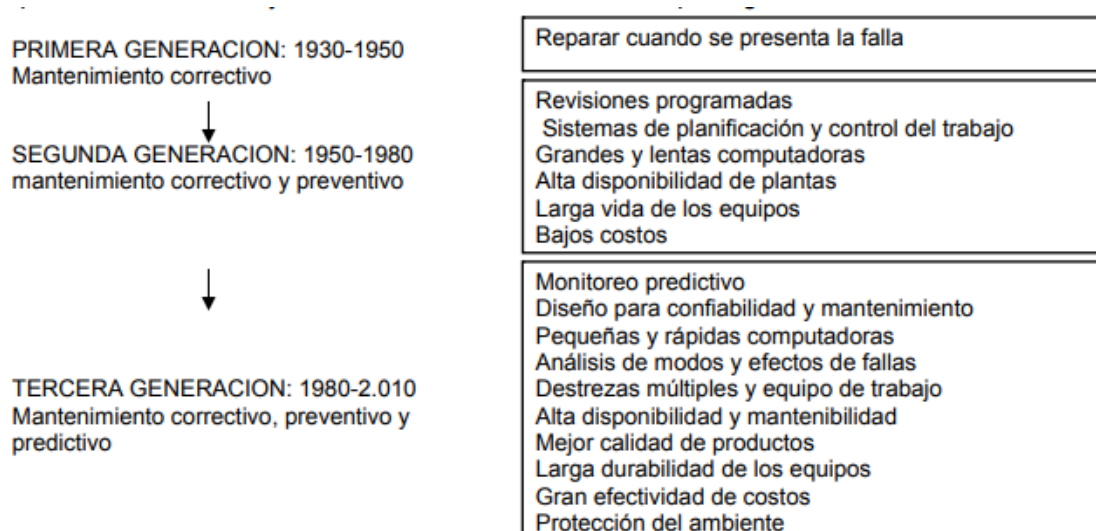


Figura Nº 5: Generaciones de Mantenimiento

En la figura anterior se puede observar las variaciones en la tercera generación ocasionado por el aumento en la diversidad e importe en servicios que se tiene que mantener y a lo complejo de sus proyectos.

Esta gestión en las empresas novedosa se hace en el ámbito de los procedimientos y fundamentos modernos (última generación) para aumentar la disposición, operatividad y eficiencia de los elementos de servicios empleados por los sistemas operacionales.

5.2 Fundamentos De Gestión De Mantenimiento

Emplean los mismos fundamentos que sustentan la gestión de calidad, citando a (Márquez, 2019), se describe a continuación los distintos enfoques y fundamentos del sistema de gestión:

1. Enfoque en los clientes

“Los clientes del SGM son clientes internos (procesos del sistema de producción) que demanda el servicio con requerimientos determinados y espera su satisfacción a cabalidad”. (Márquez, 2019)

2. Enfoque sistémico

“El proceso de gestión de mantenimiento forma parte integral del SGC y en tal condición interactúa de modo integral para contribuir a la optimización de la sinergia del mismo”. (Márquez, 2019)

3. Enfoque de procesos

“Actividades organizadas para transformar entradas en salidas con valor agregado para los clientes”. (Márquez, 2019)

4. El lenguaje de los datos

“Las decisiones se toman en base a hechos medibles o nunca sabremos lo que hacemos”. (Márquez, 2019)

5. Liderazgo

“El enfoque en la motivación y desarrollo de personal para hacer que hagan más de lo que espera”. (Márquez, 2019)

6. Participación del personal

“El logro de los objetivos solo se podrán lograr con la participación activa y efectiva del personal y esto depende del liderazgo”. (Márquez, 2019)

7. Relación con proveedores

“Relación beneficiosa con los proveedores internos (compras) o externos (distribuidores, contratistas), donde todos ganan en un clima de cooperación.” (Márquez, 2019)

8. Mejora continua

“Aprender continuamente nuevos métodos de trabajo “Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas” y orientar el esfuerzo individual y de equipo hacia esa meta en el marco de los procesos de la gestión de mantenimiento, que en definitiva se traduce en mejores productos, menores costos de producción, entregas a tiempo, más ventas, más empleo y mejor remuneración”. (Márquez, 2019)

Para aplicar estos fundamentos en las labores de mantenimiento se debe cambiar el modelo en las pautas convencionales en donde los sectores son considerados una “*isla*” autónoma de las otras imposibilitando una mayor eficiencia de las actividades y el triunfo de la empresa. (Márquez, 2019)

5.3 Funciones De Gestión De Mantenimiento

Estas funciones de mantenimiento de servicios son los sectores de tareas que deben estar cubiertas por medio de procedimientos de mantenimiento para llevar a cabo la misión.

De acuerdo a (Márquez, 2019) *“estas actividades se realizan en el marco de un ciclo de gestión que comienza con la planificación de necesidades, metas y recursos y termina con el control y la mejora de resultados, pasando por la organización y ejecución del trabajo”*.

Dichas funciones están unidas en 5 tipos, dependiendo de la clase de tarea que se va a realizar:

Función de planificación

Son aquellas tareas que se hacen en el contexto del sistema operacional de fabricación vinculadas a:

- ♣ Identificar los requisitos, fines y metas.
- ♣ Especificar los recursos: personal, material, tiempo y espacio.
- ♣ Planeación y programación de actividades de mantenimiento
- ♣ Estudios de información

Función técnica

Está a cargo de hacer las tareas de tipo técnico tales como:

- ♣ Estudios de contratos, costes y procedimientos para hacer el mantenimiento
- ♣ Especificar los métodos de trabajo
- ♣ Especificar fallas y encontrar soluciones técnicas

.

Función de ejecución

Esta función tiene a su cargo la realización de las tareas de mantenimiento programadas así como las de emergencia y radican en:

- ♣ Planificación de las tareas diarias.
- ♣ Abastecimiento de materiales y equipos
- ♣ Seguridad de las tareas diarias.
- ♣ Evaluación y registro de datos
- ♣ Inspección y seguimiento de la actividad diaria

Función de control

Está relacionado a las tareas ejecutadas y son:

- ♣ Identificar daños en relación al sistema de producción.
- ♣ Estudiar los resultados de lo ejecutado.
- ♣ Procesar los resultados de la ejecución por medio de métodos estadísticos.
- ♣ Establecer fisuras entre metas planeadas y las resultantes.

Función de mejora

Son las actividades realizadas sobre los logros de elaboración y se basan en:

- ♣ Identificar fallas en el marco del SP.

- ♣ Estudiar los logros de la ejecución
- ♣ Procesar los datos resultantes de la ejecución por medio de métodos estadísticos
- ♣ Especificar aperturas entre metas planeadas y resultados

5.4. CICLO DE GESTION DE MANTENIMIENTO

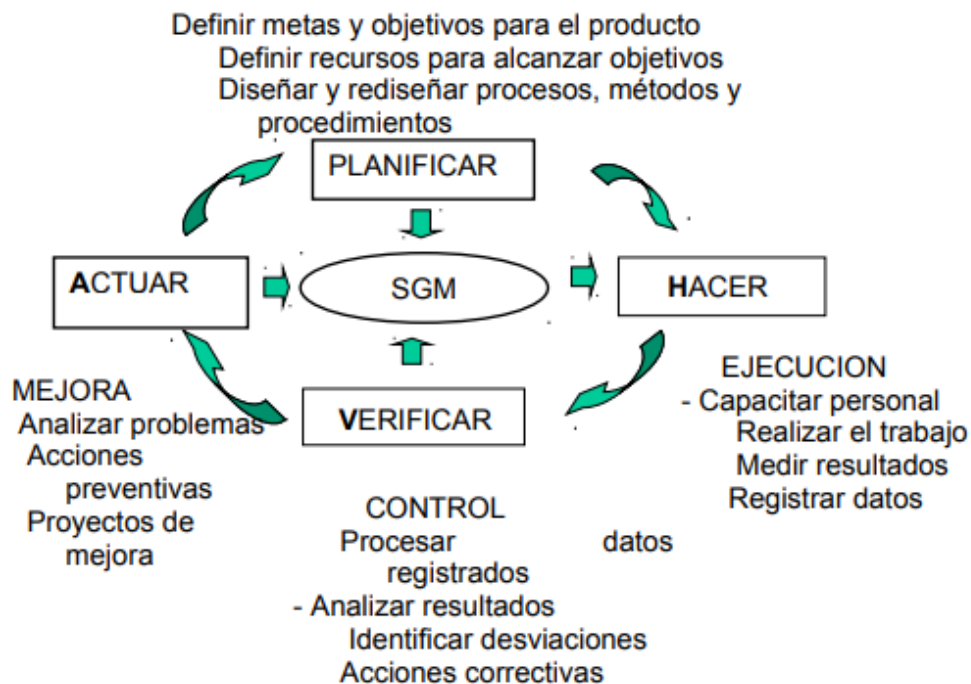
Citando a (Márquez, 2019) se puede decir que *“la gestión de mantenimiento deberá realizar sus funciones de manera secuencial y cíclica en el marco del “Ciclo de la Calidad de Deming: PHVA (actuar, planificar, hacer, verificar); esto se hace con el propósito de incrementar la eficiencia de las tareas de mantenimiento facilitando la mejoras de los elementos empleados y el feedback idóneo para el desarrollo continuo.”* (Márquez, 2019)

Esta gestión se obtiene de manera más eficaz por medio de un procedimiento enmarcado en el Sistema de fabricación de la empresa, por lo que es necesario hacer lo siguiente:

- a) Mejoras en las competencias de mantenimiento en relación a las metas y fines de la organización
- b) Medición y control de resultados.
- c) Creación de las actividades de acuerdo a los planes y programas establecidos.
- d) Planeación de los fines, metas, recursos y procesos necesarios para lograr los objetivos.

En la siguiente figura se puede observar la interrelación entre estas tareas y su entorno de una manera cíclica.

Figura Nº 6: Ciclo De Gestión De Mantenimiento



Las actividades se hacen con una visión integradora por medio de los métodos del Sistema de fabricación programados e implantados en la Empresa.

5.5. Características del Sistema de Gestión de Mantenimiento

Propósito del Sistema de gestión de mantenimiento:

Citando a (Márquez, 2019) se puede decir que *“El Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM) es un sub-sistema que forma parte del Sistema de Producción (SP), que tiene la finalidad de optimizar la funcionalidad de los recursos de infraestructura física utilizados en los procesos operativos, en función de los lineamientos y objetivos de la Dirección.”* (Márquez, 2019)

Alcance SGM: *“El sistema de gestión de mantenimiento abarca el mantenimiento de la funcionalidad de los recursos físicos, generalmente denominados recursos de infraestructura, para asegurar la efectividad operativa”.* (Márquez, 2019)

De acuerdo a (Márquez, 2019) *“estos recursos se pueden agrupar en dos categorías:*

a) Recursos para la producción: Maquinaria, equipos, vehículos, instrumentos y herramientas, utilizados en los procesos operativos.

b) Recursos de apoyo a la producción Planta de producción en su conjunto: Instalaciones, iluminación, seguridad industrial, ambiente, servicios de energía, agua, gas”. (Márquez, 2019)

Entradas SGM: *“Requerimientos de la Dirección y de los procesos operativos (clientes) asociados a las metas de mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de la infraestructura de producción”.* (Márquez, 2019)

Salidas SGM: *“Recursos de infraestructura objeto de mantenimiento en condiciones adecuadas para cumplir los objetivos y metas planificadas para las operaciones de producción”* (Márquez, 2019)

Clientes del SGM: *“Procesos que establecen las metas y evalúa resultados en base a sus necesidades y expectativas”.* (Márquez, 2019)

Indicadores de desempeño del SGM: Los indicadores son el producto de los recursos que van a controlarse por medio de los procedimientos de gestión de infraestructura, conforme a los fines de la empresa.

Los cuales son:

- ♣ Rendimiento de equipos.
- ♣ Accidentes por falta de fiabilidad.
- ♣ Tiempo de reparo, tiempo de aplazamiento.
- ♣ Condición de las máquinas.
- ♣ Tiempo de máquinas sin funcionamiento.
- ♣ Paradas no previstas, disposición.

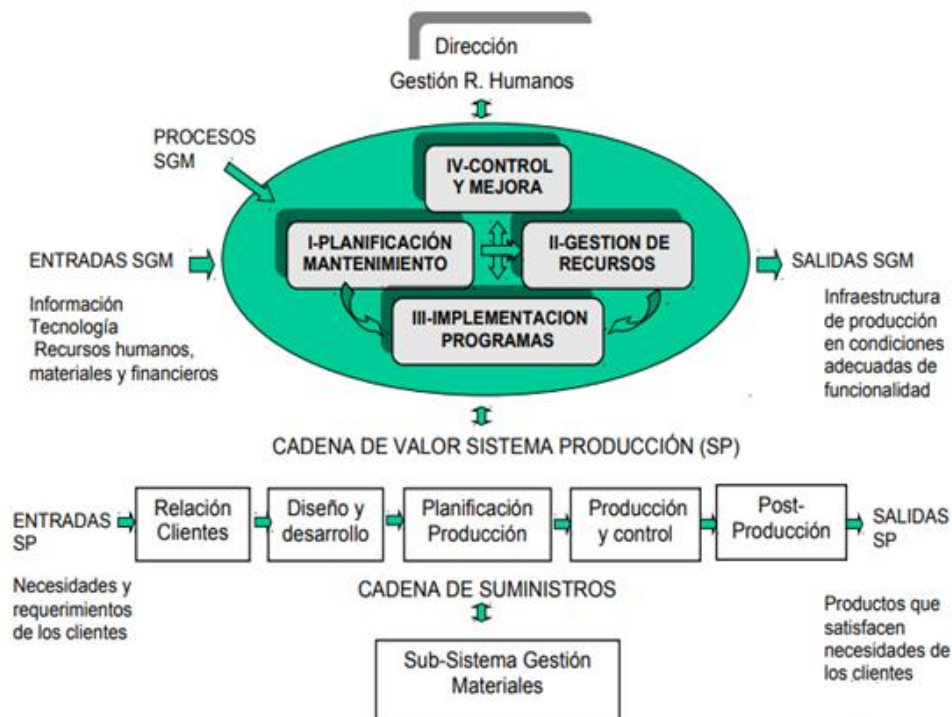
Apoyados en dichos fundamentos se planea el SGM diseñándose los procedimientos que lo forman.

5.6 Estructura de procesos del SGM

Citando a (Márquez, 2019) se puede decir que *"La gestión de mantenimiento se realiza a través de un conjunto de procesos interrelacionadas que conforman un sub-sistema (SGM) en el marco del sistema de gestión de la calidad para realizar de un modo integral, las actividades necesarias para mantener la efectividad de los procesos operativos"*. (Márquez, 2019)

Sabiendo que los procesos son un grupo de tareas que se interrelacionan entre sí, empleando instrumentos para modificar recursos de entrada que provienen de otros procedimientos en salidas añadiéndole valores necesarios para el procedimiento que le sigue, se muestra en la siguiente figura esta interacción con la serie de recursos del sistema de producción junto a la de distribución en el marco de la SGC (Sistema de Gestión de la Calidad).

Figura N° 7: Interacciones en los procedimientos del SGM



Analizando la imagen se puede identificar que por medio de los procedimientos del SGM se estudian las solicitudes del proceso clientes como por ejemplo el proceso de dirección, diseño y desarrollo, así como el de operaciones de producción, estableciendo vínculos con el de proveedores de recursos tales como el proceso de gestión de materiales y el de gestión de recursos humanos.

5.7 Normalización SGM (Márquez, 2019)

Para hablar de la normalización se cita a (Márquez, 2019), quien comenta que *“El proceso de gestión de mantenimiento es un proceso de apoyo al sistema de producción que, al igual que los demás procesos que lo conforman, se deben diseñar, implementar y controlar en el marco de estándares de la calidad establecidos por”*:

- a) *“Las propias organizaciones: Estándares internos*
- b) *Organismos nacionales como COVENIN en el caso de Venezuela*
- c) *Organismos Internacionales como la ISO 9000 que establece requisitos de la calidad para las organizaciones que deseen ofrecer productos o servicios de calidad garantizada por terceros o, simplemente, fundamentar la mejora de sus procesos en los modelos de dichas organizaciones.*
- d) *Organizaciones internacionales como los Premios de la Calidad Total establecidos por Japón, USA y otros países que incluyen el desempeño en mantenimiento como proceso clave para la competitividad, La adopción de los estándares mencionados es fundamental para el diseño de los procesos, para su implementación y para su evaluación”.* (Márquez, 2019)

Asimismo comenta que *“Para orientar a una organización hacia la mejora continua se puede comenzar con las directrices y requisitos establecidos en las normas ISO 9000 aplicado de un modo integral al sistema de producción, y con las norma COVENIM 2.500-93 aplicada específicamente al proceso de mantenimiento”.* (Márquez, 2019)

Requerimientos determinados en la Norma ISO 9001:

Para suministro de recursos

Se debe determinar y proporcionar los recursos que se necesiten para:

- a) Implantar y sostener el Sistema de Gestión de la Calidad mejorando de forma continua su eficiencia.
- b) Incrementar la confianza del cliente por medio del cumplimiento de sus requerimientos.

De infraestructura

Definir, proveer y conservar la infraestructura que se necesita para alcanzar la satisfacción con los requerimientos del servicio.

- a) Edificaciones, lugares para trabajar y servicios vinculados
- b) Maquinaria para los procedimientos
- c) Servicios de ayuda como lo es el transporte y/o la comunicación.

Para el ambiente de trabajo

Definir y tramitar el ambiente laboral que se necesita para alcanzar la satisfacción con los requerimientos del servicio.

Dichos requerimientos son de tipo general asignados al procedimiento de mantenimiento de infraestructura de toda empresa de fabricación de bienes o servicios.

6. Industria Pesada

Este tipo de industria está orientada a extraer y transformar la materia prima, como en el caso de la industria minera en donde se extrae el mineral utilizado en la siderúrgica, petróleo y la manufactura de los equipos que se necesiten para dichos propósitos.

Esta se distingue por campos tales como la de extracción, la petrolera, la metalúrgica y la química, en comparación con la industria ligera (perteneciente al campo secundario), la pesada necesita de más capital de trabajo, un mínimo número de mano de obra y tiende a tener más impacto ambiental que las industrias ligeras.

Este tipo de industria se subdivide en función a su campo de operación como sigue:

- Industria química (procesa sustancias químicas: cauchos, ácidos, plásticos, fertilizantes, sales, explosivos).
- Industria siderúrgica (Procesa metales no ferrosos, hierro y acero)
- Cementeras (Yesos, Cementos, arcillas, cales)
- Industrias de extracción (Petróleo, minería y gas)

6.1 Maquinaria Pesada

Este tipo de maquinaria está relacionada a transporte pesado, principalmente planeado para realizar trabajos de construcción en el campo de infraestructura tanto privada como pública; donde el ramo de la construcción tiene una lugar económicamente importante cuando de un país se trata.

Esta rama consiste no solo en escoger adecuadamente los implementos y procedimientos de construcción, también se relaciona con el ámbito urbano y a su propio crecimiento.

Equipo pesado

El equipo pesado está relacionado con transporte pesado, principalmente creados para realizar trabajos de construcción, con mayor frecuencia que los involucrados en tareas de movimiento de tierra.

Igualmente son conocidos como maquinaria pesada, máquina de ingeniería, camiones pesados, máquinas de construcción, sistemas hidráulicos pesados y vehículos pesados.

Generalmente, abarcan 5 sistemas de equipo: implemento, tracción, configuración, tren de fuerza, información e inspección.

Al hablar de maquinaria pesada, el término es usado de forma general para maquinas tales como:

- compresores.
- excavadoras
- cargadores frontales
- retroexcavadoras
- rodillos extremos
- motoniveladoras
- grúas
- taladros
- bombas
- hidráulicos pesados
- equipos de ingeniería
- camiones pesados
- equipos de construcción
- vehículos pesados

El término también incluye

- implementos agrícolas y forestales.
- vehículos de obras públicas
- construcción
- vehículos de maquinaria

Maquinaria de construcción

Estas máquinas posibilitan la realización de diversas tareas en el ámbito de adecuación de terreno, y de esta manera poder construir edificios en ellos, así como puentes o cualquier obra en general.

De igual manera se ocupa de la reforma o demolición de edificaciones viejas que se encuentren en desperfecto.

- Maquinaria de Construcción Civil
- Obras de Ingeniería civil

En función al tipo de obra las maquinarias de construcción, y citando a (Márquez, 2019) pueden ser las siguientes:

- *“Movimiento de tierra: Las cotas de proyecto de rasante y subrasante de las obras de pavimentación o de explanación de una parcela de cultivo o de un terreno establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario, en algunos casos, rebajar dichas cotas y en otros casos elevarlas. En el primer caso corresponde ejecutar un trabajo de corte o excavación, y en el segundo, un trabajo de relleno o de terraplén”. (Márquez, 2019)*

- *“Excavación: En este grupo hay que diferenciar según los distintos puntos en los cuales se realiza el trabajo, ya que dependiendo de ello varía el tipo de maquinaria a utilizar”. (Márquez, 2019)*

- *“Obra de demolición con bola de demolición: Se utiliza normalmente en los edificios grandes y de mayor altura. Se compone de una bola de gran peso, que está unida por una cadena o cable a una grúa que la hace balancear hacia el edificio o construcción a derribar”.* (Márquez, 2019)

Retroexcavadora

(Márquez, 2019) Define a la retroexcavadora como una *“Máquina diseñada para el movimiento de tierras y poder excavar. Autopropulsada sobre ruedas o cadenas”.* (Márquez, 2019)

De igual manera (Márquez, 2019) comenta que *“Según el trabajo que realiza existen distintas aplicaciones:*

- *Empuje frontal: Donde utiliza normalmente para excavar bancos de altura.*
- *Empuje retro: Se aplica en excavaciones por debajo de la cota cero del suelo. (Es la retroexcavadora)*
- *Equipo bivalva: Aunque no muy común, es referente a esa cuchara que se deja caer abierta sobre el material a excavar que literalmente se “hincan los dientes” y al elevarse se cierran los casos recogiendo el material escavado”.* (Márquez, 2019)

Asimismo existen diferentes modelos de excavadoras según (Márquez, 2019):

- *“Atendiendo a su acondicionamiento: Excavadoras de cable o mecánicas y las hidráulicas.*
- *Según el sistema de traslación: Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas), sobre ruedas o Neumáticos. Sobre rieles y sobre barcos.*
- *Atendiendo al tipo de operación: Excavadoras normal o Standar, de mordazas, de tamber y de Rosario”.* (Márquez, 2019)

Excavadora (Márquez, 2019)

Para (Márquez, 2019) La excavadora *“es un equipo autopropulsado sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balance, sin que el chasis o la estructura portante se desplace”*. (Márquez, 2019)

“La precisión de los planos de trabajo, tales como pluma, balance, estructura portante, etc.; fija y unifica los criterios clasificadores”. (Márquez, 2019)

Clasificación de las Excavadoras

Existen diferentes tipos de excavadoras como bien lo cita (Márquez, 2019) y se describe a continuación:

- *“Por su accionamiento*
 1. *Excavadoras de cable o mecánicas.*
 2. *Excavadoras Hidráulicas”*. (Márquez, 2019)
- *“Por su sistema de traslación:*
 1. *Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas)”*
 2. *Excavadoras montadas sobre ruedas (neumáticos)”* (Márquez, 2019)

De igual forma son empleadas para tareas en zanjas donde se hace un trabajo de retroceso. Asimismo este tipo de equipo tiene la facilidad de podersele adecuar según su capacidad, otros elementos para realizar otro tipo de tareas, como ocurre con los martinets que se colocan en lugar del cucharón, permitiendo a la máquina, hacer excavaciones en suelos rocosos.

La excavadora ensamblada sobre orugas y una sobre ruedas presentan las siguientes diferencias:

- **CADENAS (ORUGAS)**

1. Mejor flotación
2. Mejor tracción
3. Mayor manejo para suelos muy dificultosos.
4. Se reubica mucho más rápido el equipo.

- **RUEDAS**

1. Mejor movilidad
2. No deteriora el pavimento
3. Mayor equilibrio con estabilizadores.
4. Nivelación del equipo con estabilizadores
5. Mejor capacidad con la hoja para los trabajos.

Transporte de carga

Mayormente estos equipos emplean elementos hidráulicos, siendo cada vez más sofisticados gracias a los avances tecnológicos, como la electrónica avanzada. Dependiendo cada vez más de una computadora para poder trabajar.

Su utilización es variada, dependiendo de su aplicación va desde la ingeniería civil y la milicia, hasta distintos crecimientos en la construcción pesada, como también en proyectos forestales y agrícolas.

- vagones de ferrocarril
- camiones
- remolques
- semirremolques
- camiones de volteo.

Infraestructura

El grado de infraestructura de un área está estrechamente relacionado con el grado de crecimiento de la comunidad que lo reside.

La infraestructura urbana es la creación humana planeada y coordinada por arquitectos, ingenieros civiles, el Urbanismo, etc., de apoyo para el crecimiento de distintas tareas y su operatividad, esenciales en la planificación de la estructura de la ciudad.

El estado es quien se encarga de este tipo de construcción y mantenimiento a través del departamento de Obras Públicas.

La Infraestructura Urbana

Existen diferentes tipos de infraestructura según (Márquez, 2019). Se comprenden en:

1. “Infraestructuras de Transporte.

- *Aéreo: aeropuertos.*
- *Marítimo: puertos y canales.*
- *Terrestre: vías (caminos, carreteras o autopistas, líneas de ferrocarril y puentes)”. (Márquez, 2019)*

2. “Energía

- *Redes de combustibles: oleoductos, gasoductos, concentradoras, distribución.*
- *Redes de electricidad: alta tensión, mediana tensión, baja tensión, transformación, distribución y Alumbrado público.*

- *Otras fuentes de energía: presas, eólicas, térmicas, nucleares, etc". (Márquez, 2019)*

3. "Sanitarias.

- *Red de desagüe: Alcantarillado o saneamiento y Estaciones depuradoras.*
- *Redes de agua potable: embalses, depósitos, tratamiento y distribución.*
- *Redes de reciclaje: Recogida de residuos, vertederos, incineradoras."* (Márquez, 2019)

4. Telecomunicaciones.

5. Viviendas

6. Comercios

7. Industrias

8. Salud

9. Educación

10. Recreación. (Márquez, 2019)

Maquinaria

La clase de equipo pesado principal, una maquinaria pesada o maquinaria amarilla se caracteriza por una movilidad más o menos restringida y una gran capacidad para trabajos pesados.

Las maquinarias están relacionadas principalmente con las siguientes industrias:

- construcción

- minería
- canteras
- selvicultura
- manejo
- agregados
- reciclaje
- concreto
- pavimentación
- asfaltado
- demolición
- agricultura
- fabricación
- obras públicas y municipales.

Según su función y grado de especialización, una maquinaria pesada se puede clasificar en uno de los dos grupos principales siguientes: Maquinaria pesada universal o Maquinaria pesada especializada.

MAQUINARIA PESADA UNIVERSAL: puede cubrir dos industrias o más. Este es el caso de las siguientes maquinarias pesadas:

- cargadoras
- retroexcavadoras
- excavadoras
- topadoras
- elevadores
- grúas

- motoniveladoras
- tractores.

MAQUINARIA PESADA ESPECIALIZADA: Responde la mayor parte del tiempo a una sola industria. Maquinarias pesadas para:

- agregados y reciclaje
- asfalto y concreto
- procesamiento forestal y de madera
- agricultura
- mantenimiento de nieve
- infraestructura.

Las maquinarias industriales o las maquinarias de herramientas para la fabricación de bienes de consumo también pueden clasificarse en el grupo de maquinaria pesada especializada.

Fabricantes de maquinaria

Entre los más populares del mercado internacional de maquinaria pesada encontramos:

- CAT (Caterpillar)
- Volvo
- Komatsu
- Case
- John Deere
- JCB
- Hitachi

- New Holland
- Terex
- Liebherr.

Caterpillar

Esta marca fue la considerada para la realización de esta investigación, conocida por su trayectoria y posición en el mercado. Citando la guía de maquinaria pesada de los mismos fabricantes, se dará una amplia descripción del modelo en estudio.

Caterpillar es conocida históricamente por sus máquinas y equipos para la construcción; enfocándose en el fortalecimiento de su posición como marca firme y consisten, ratificada por su maquinas pesada.

De acuerdo a (machine, 2019) *“Caterpillar es el fabricante más grande del mundo de maquinaria para la construcción y equipos de minería, motores diésel y a gas, turbinas industriales a gas y locomotoras diésel-eléctricas”. (machine, 2019)*

“A través de su marca CAT, la compañía ofrece productos diseñados con el objetivo de optimizar la eficiencia y productividad en las operaciones de sus clientes; con calidad superior, fiabilidad inigualable, durabilidad que permite varias reconstrucciones, facilidad de servicio y reparación, y el excelente respaldo del distribuidor”. (machine, 2019)

“El desarrollo de la marca Caterpillar en otras categorías diferentes a maquinaria ha sido tan fuerte, que incluso cuentan con su propia tienda en línea para la compra de artículos y accesorios”. (machine, 2019)

Las Retroexcavadoras Cargadoras Cat® 420F2

La guía Caterpillar (machine, 2019) comenta que: *“Hoy en día, el Mercado de construcción requiere más productividad a un menor costo. Caterpillar se adapta a las demandas del mercado e incluye diferentes tecnologías en la Retroexcavadora 420F2, algunas estándares otras opcionales, que aumentan tu eficiencia. Estas tecnologías incrementan la eficiencia ayudándote a ahorrar más combustible, aumentando la seguridad en el sitio y disminuyendo los costos de propiedad y operacionales de la máquina”.* (machine, 2019)

El ECO MODE o Modo Económico

“Es una característica solamente disponible en la Retroexcavadora Cat 420F2 y es un recurso que permite disminuir costos operacionales aumentando la eficiencia en el consumo de combustible por al menos 10%, ayudando a ahorrar más en gasto de combustible”. (machine, 2019)

“El modo económico o Eco Mode puede ser activado a través de un interruptor localizado en el panel instrumental de la máquina. Cuando se activa para la operación, actúa directamente en la bomba hidráulica de la máquina y reduce manualmente las revoluciones del motor a 1850 rpm o menos mientras al mismo tiempo provee máximo flujo hidráulico. Esto significativamente reduce el consumo de combustible y manteniendo una excelente productividad, así incrementando su eficiencia y ganancias en su negocio. Es muy importante aclarar que el Eco Mode no está disponible para operaciones de carga con desplazamientos en carreteras”. (machine, 2019)

El modelo de Retroexcavadora Cat 420F2 tiene las siguientes características citadas de (machine, 2019)

TECLADO DE SEGURIDAD

“El teclado de seguridad protege tu máquina tanto de ladrones de maquinaria como operadores no autorizados en el sitio de trabajo, por eso es altamente recomendado en áreas donde

históricamente sufren altos índices de robo de maquinaria. Esta es una característica opcional de la máquina que puede ser ordenada e instalada directamente desde la fábrica o puede ser instalada en el



campo por técnicos de su distribuidor a través de un kit”. (machine, 2019)

“El teclado de seguridad permite al operador ingresar una contraseña de cuatro dígitos para encender la máquina. El sistema bloquea el motor, la transmisión y el sistema hidráulico hasta que una contraseña correcta sea ingresada en el teclado. Es posible guardar hasta 25 contraseñas, así que el dueño de la máquina, el operador, el supervisor y el distribuidor cada uno puedan tener su propia contraseña individual. El sistema acepta 5 intentos para ingresar la contraseña, y después de estos cinco intentos, la máquina se bloquea y solamente después de un tiempo puede volver a ser encendida de vuelta”. (machine, 2019)

“También, el teclado de seguridad permite que la maquina sea protegida de ladrones y accidentes causados por trabajadores no autorizados a operar la máquina, así disminuyendo el costo de propiedad de la máquina que puede ser causado por un accidente o por una máquina robada. Además, tener esta tecnología incorporada te permite negociar el precio de la prima del seguro, que

ayuda a disminuir costos operacionales y de mantenimiento. El teclado de seguridad es OBLIGATORIO en un sitio de trabajo seguro”. (machine, 2019)

MODOS DE TRACCIÓN

“La Retroexcavadora 420F2 tiene 3 modos de tracción distintos los cuales pueden ser activados desde el panel de la máquina:



- Posición 4WD + 4W: Tracción en las 4 ruedas (4x4) y freno en las 4 ruedas.

- Posición 2WD + 4W: Tracción 4x2 con frenos en las cuatro ruedas, y la tracción 4x4 es activada con el freno. Esta posición proporciona capacidades mejoradas de frenos en aplicaciones con desplazamiento en carretera, así como para proveer una mayor fuerza al atacar una pila de material en aplicaciones de carga de camiones”. (machine, 2019)

- Posición 2WD + 2W: Tracción 4x2 y frenos en las 2 ruedas.
- “Los diferentes modos de tracción permiten al operador tener una mejor maniobrabilidad de la máquina en diferentes tipos de terrenos e incrementan la seguridad en el sitio de trabajo. Además, disminuye el desgaste de los neumáticos y transmisión, lo cual ayuda a disminuir los costos operacionales y de mantenimiento”. (machine, 2019)

DIRECCIÓN RÁPIDA

“La tecnología de dirección rápida incorporada en volante de dirección es algo que usualmente no se habla en la Retroexcavadora 420F2, pero es una característica que provee una maniobrabilidad mejorada y al mismo tiempo disminuye la fatiga del operador. Así es como funciona: si giras el volante de dirección de la 420F2 a un ritmo lento, se mantiene en el área no amplificada de unidad del volante, eso significa que si el operador gira el volante de lado a lado completamente, tendría que girar el volante aproximadamente 5 veces. Sin embargo, si gira el volante de forma rápida, el giro completo de lado a lado del volante entra en una amplificación de flujo a un radio de 2:1, entonces el giro completo de lado a lado del volante serían aproximadamente 2.5 veces, y este cambio es invisible para el operador”. (machine, 2019)

“Esta característica ha sido diseñada para operadores que necesitan hacer giros rápidos en lugares

estrechos con menos fatiga para el operador porque les permite hacer giros con menos movimientos o vueltas al volante y de forma más rápida”.



(machine, 2019)

“Todas estas diferentes tecnologías han sido incorporadas para hacer a nuestros clientes más competitivos en un mercado de construcción muy demandante”. (machine, 2019)

“Las Retroexcavadoras Cargadoras Cat® 420F2 y 420F2 IT proporcionan rendimiento, una mayor eficiencia del combustible, un sistema hidráulico superior, versatilidad y una estación del operador totalmente renovada”. (machine, 2019)

Las características de los modelos 420F2 y 420F2 IT son las siguientes:

“Estación del operador ergonómica: un amplio espacio para las piernas dentro de la cabina hace que sea sencillo girar el asiento. El asiento con suspensión neumática ofrece comodidad al operador durante el desplazamiento por carretera. Los nuevos módulos de control de la retroexcavadora permiten ajustes ilimitados”. (machine, 2019)

“Sistema hidráulico con detección de carga: la bomba de pistones con detección de carga de la retroexcavadora cargadora Cat proporciona fuerzas hidráulicas de levantamiento y excavación completas en todas las velocidades del motor. La bomba de flujo variable ajusta la potencia hidráulica a las exigencias del trabajo”. (machine, 2019)

- *“Rendimiento de la máquina: la Retroexcavadora Cargadora 420F2 proporciona fuerza de desprendimiento y dinamismo de nivel superior en aplicaciones de bancos duros”. (machine, 2019)*
- *“Versatilidad de la máquina: la amplia gama de herramientas Cat Work Tools adaptadas al rendimiento convierten a la retroexcavadora cargadora Cat la máquina más versátil en el lugar de trabajo. Todas las retroexcavadoras cargadoras tienen brazos estándar listos para instalación de tenaza. El cargador con portaherramientas integrado (cargador con portaherramientas integral) proporciona versatilidad y permite conectar*

rápidamente una variedad de herramientas Cat Work Tools". (machine, 2019)

- *"Acoplador de traba doble: el acoplador de traba doble Cat está disponible con operación mecánica o hidráulica desde la fábrica. El acoplador permite hacer cambios de herramienta de manera rápida y fácil". (machine, 2019)*

Especificaciones

Las especificaciones de este equipo según (machine, 2019) son los siguientes:

(machine, 2019) ***"Motor***

Modelo de motor Cat 3054C mecánico con turbocompresor

Potencia bruta

SAE J1995 75 kW 101 hp

ISO 14396 74 kW 100 hp

Potencia neta nominal a 2.200 rpm

SAE J1349 70 kW 94 hp

ISO 9240 71 kW 95 hp

EEC 80/1269 71 kW 95 hp

Potencia máxima neta a 2.200 rpm

SAE J1349 70 kW 94 hp

ISO 9249 71 kW 95 hp

EEC 80/1269 71 kW 95 hp

Calibre 105 mm 4,13"

Carrera 127 mm 5"

Cilindrada 4,4 L 268 pulg3

Reserva de par neta a 1.400 rpm 31 %

Par máximo neto SAE J1349 397 N·m 293 lbf-pie

El motor cumple con los estándares de emisiones Tier 2 de la EPA de EE.UU.

y Stage II de la UE". (machine, 2019)

"Pesos*

Peso en orden de trabajo

Mínimo 7.726 kg 17.033 lb

Máximo (capacidad ROPS) 11.000 kg 24.251 lb

Cabina, ROPS/FOPS 163 kg 359 lb

Transmisión automática 238 kg 525 lb

Control de amortiguación 14 kg 31 lb

Aire acondicionado 42 kg 93 lb

Tracción en las cuatro ruedas 165 kg 364 lb

*Cucharón de uso múltiple (1,0 m³ /1,31 yd³) (sin horquillas ni dientes) 745 kg
1.642 lb*

Cargador, herramienta integrada con acoplador rápido 317 kg 699 lb

Brazo extensible 305 kg 672 lb

Contrapesos (opción 1) 115 kg 255 lb

Contrapesos (opción 2) 240 kg 530 lb

Contrapesos (opción 3) 460 kg 1.015 lb

**Las especificaciones corresponden a la máquina equipada con cargador de inclinación sencilla, estructura OROPS, tracción en dos ruedas, brazo estándar, cucharón cargador de uso general de 0,96 m³ (1,25 yd³), cucharón retroexcavador de servicio estándar de 610 mm (24"), contrapeso de 240 kg (530 lb) y tanque de combustible lleno". (machine, 2019)*

Operador de maquinaria pesada

“Existe un déficit de operarios de maquinaria pesada, ya que la mayoría de trabajadores de este tipo aprenden su oficio de manera empírica, los operadores no profesionales, si bien saben utilizar la maquinaria”. (machine, 2019)

“También conocidos como: Gruista, Conductor de Maquinaria Pesada, Operador de Montacargas, Ayudante de Conductor en Maquinaria Pesada, Operador de Excavadora Hidráulica, Operador de Retroexcavadora, Operador de Carga Frontal, Operador de Maquinaria Extendedora de Asfalto, Operador de maquinaria de obra pública, Operador de Máquina Asfaltadora, Operador de Apisonadora, Operador de Compactadora, Operador de Grúa, Operador de Grúa Móvil, Operador de Grúa de Torre, Operador de Retrocargadora Mixta, Operador Dumpers, etc”. (machine, 2019)

(machine, 2019) “Entre las funciones de un gruista está operar equipo pesado motorizado de manera segura y eficiente, atendiendo a la legislación y procedimientos vigentes:

- Excavar, mover, cargar y aplanar o allanar la tierra, piedras, grava o cualquier otro material utilizando niveladoras, excavadoras o cualquier otro tipo de maquinaria pesada que sea requerida.*
- Insertar cimientos en la tierra para usarlos como soporte de edificios, puentes y otras estructuras haciendo uso del equipo requerido.*
- Hacer que los canales sean más profundos o, por el contrario, proceder con su llenado haciendo uso del equipo requerido.*
- Extender, expandir y compactar concreto, asfalto y otros materiales para superficies, haciendo uso de palas, niveladoras y otros equipos.*
- Excavar rocas y otros materiales haciendo uso de palas.*

- *Mover, cargar y descargar materiales, etc". (machine, 2019)*

Venta de maquinaria pesada

"La meta perseguida por la amortización se puede explicar de diferentes formas:

- *Crear un fondo para la renovación de la máquina.*
- *Reflejar contablemente la minoración del valor patrimonial de la compañía.*
- *Repartir el costo de la maquinaria entre la producción.*
- *Recobrar el dinero pagado durante múltiples años en la adquisición de la máquina". (machine, 2019)*

Mantenimiento de maquinaria pesada

- *"Costo de mantenimiento: Los fabricantes sólo son responsables del 20-30% de los componentes de la máquina, el resto son de fábricas independientes". (machine, 2019)*
- *"Servicio postventa: Igual que en el diseño de la máquina, también la especialización influye en el buen mantenimiento: los mecánicos y los interlocutores tienen que conocer cada aparato. Una excavadora no es una grúa, se necesita formación específica para un buen servicio postventa". (machine, 2019)*
- *"Solidez del distribuidor: El lugar donde se adquiere la máquina, es tan importante como la propia marca fabricante. Hay que contrastar la solvencia, la experiencia en el mercado, su especialización, los planes de mantenimiento que ofrece, los talleres móviles de que dispone, el tiempo de respuesta". (machine, 2019)*

- *“Precio: También debe tener en cuenta el precio, las condiciones de financiación o las ofertas que puedas encontrar. Como recomendación principal pensar en el futuro. Los equipos utilitarios de construcción, son fruto de la experiencia y tecnología, diseñados con especial atención para satisfacer las necesidades de los clientes. El resultado, equipos que ofrecen facilidad de uso para el operador y rendimiento de alto nivel para su proyecto”. (machine, 2019)*
- *“Previsión de futuro: Una máquina debe dar respuesta a la situación actual de la empresa, pero también puede modificarse para tener en cuenta su posible crecimiento. Quizá haya mayores necesidades de producción que cubrir y entonces habría que contemplar una máquina modular que permite cambiar componentes para ampliar prestaciones”. (machine, 2019)*

7. Lubricación de Maquinaria

a.” Lubricación (machine, 2019)

El lubricante y el sistema de lubricación desempeñan las siguientes funciones principales:

- ! *Reducir las pérdidas de fricción y asegurar el máximo rendimiento mecánico.*
- ! *Proteger contra el desgaste.*
- ! *Contribuir a la refrigeración de los pistones, los cojinetes, los cilindros y demás partes por las cuales se disipa el trabajo de fricción.*
- ! *Remover las impurezas de las zonas lubricadas.*
- ! *Mantener las fugas de gas y de aceite a un nivel mínimo aceptable”.*

(machine, 2019)

b. Tribología

“La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos: La fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste”. (machine, 2019)

“Las raíces griegas de Tribología provienen de tribos = fricción y logos =tratado, formando así el significado en español estudio o tratado de la fricción”. (machine, 2019)

c. Falla por Desgaste.

“El desgaste consiste en la formación y posterior ruptura de uniones metálicas existentes entre dos superficies que están en contacto. Puede darse por sobrecarga, presencia de impurezas en el lubricante, lubricación inadecuada, sobrecalentamiento y aceite en servicio por mucho tiempo”. (machine, 2019)

d. Desgaste Adhesivo.

“Se produce por la adhesión o cohesión entre las estructuras atómicas de los materiales en las zonas de contacto real por falta de una película lubricante de suficiente espesor. Se evita la falla manteniendo el grado de viscosidad y reduciendo la contaminación en el aceite”. (machine, 2019)

e. Desgaste Abrasivo.

“Rayas y surcos paralelos a la dirección del movimiento es el patrón de desgaste. Usualmente los surcos están bien definidos y son producidos por la deformación de materia”. (machine, 2019)

“También se observan rebabas y virutas. Es el resultado de partículas duras presentes en el lubricante, que se ubican entre las dos superficies de trabajo, incrustándose en una y realizando deformaciones en la otra”. (machine, 2019)

f. Desgaste por Fatiga Superficial.

“Las superficies de trabajo presentan fisuras y excoiaciones de bordes filosos e irregulares. Esta falla puede comenzar como abolladuras y progresar a deslustrado, picado y finalmente astillado y desencajamiento”. (machine, 2019)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos, y Alcance de la Investigación

El estudio que se muestra a continuación no se refiere a un estudio que corresponde al método de investigación descriptiva aplicada, es por ello que dicha investigación se podrá utilizar en otros equipos de igual marca y modelo.

3.2 Diseño de la investigación

El estudio esta tratado bajo un diseño de tipo descriptivo comparativo, ya que en el mismo se almacenan los datos y la información de las Retroexcavadoras Caterpillar 420f2, en la condición que se halla para la evaluación y comparación de los datos finales con los iniciales.

3.3 Población y muestra

3.3.1. Población

Para la conformación de nuestra población se utilizaron todos los equipos

3.3.2. Muestra

Para nuestro muestreo se tomó en cuenta una flota de 08 máquinas retroexcavadoras Caterpillar 420f2.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para recolectar los datos se tomó en cuenta la técnica empírica - documental, examinando concretamente pruebas de que el problema en sí, existe, para lo que

se realizó la revisión directa a la retroexcavadora Caterpillar 420f2, donde se evidencia la condición actual del objeto a estudiar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

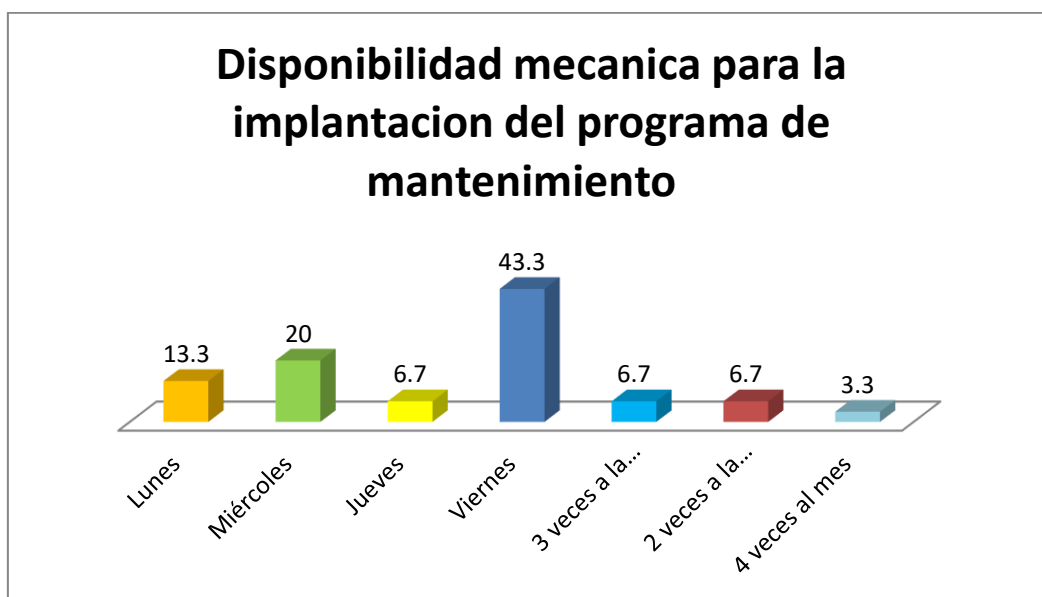
4.1 Resultados del análisis y tratamiento de la información

Tabla Nº 2: Disponibilidad mecánica para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo

Indicador	Frecuencia	Porcentaje
Lunes	4	13,3
Miércoles	6	20,0
Jueves	2	6,7
Viernes	13	43,3
3 veces a la semana	2	6,7
2 veces a la semana	2	6,7
4 veces al mes	1	3,3
Total	30	100,0

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nº 8: Disponibilidad mecánica para la implantación de un programa de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

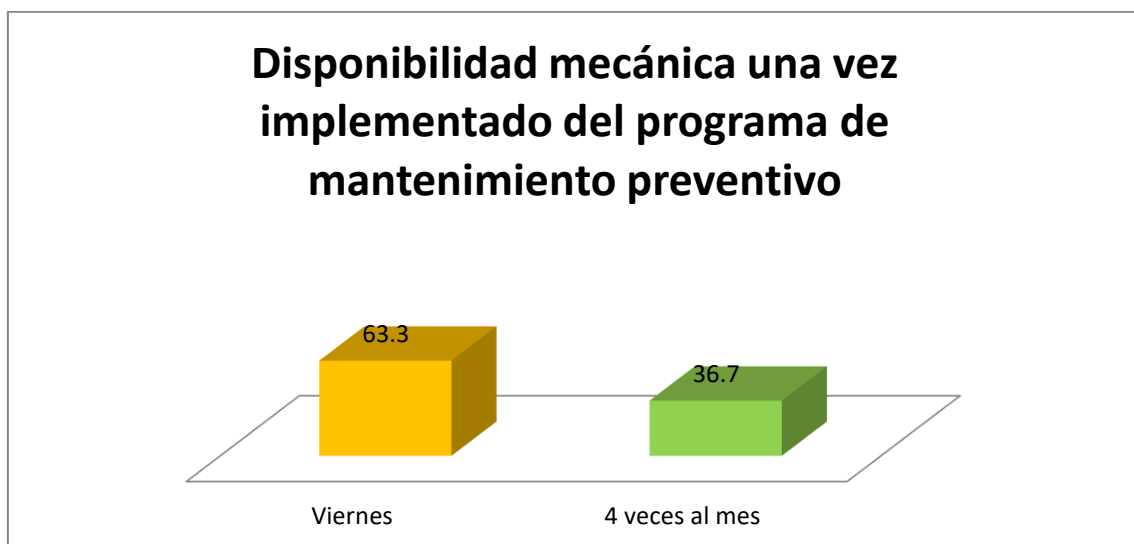
Podemos notar en el cuadro, que existe una apreciación de un 43.3% perteneciente a los días viernes para la disponibilidad mecánica antes del mantenimiento, el 20% los días miércoles, el 13.3%, los días lunes, el 6.7% a los días jueves, 2 veces a la semana y 3 veces a la semana el 3.3% a 4 veces al mes.

Tabla Nº 3: Disponibilidad mecánica una vez implementado el programa de mantenimiento preventivo

Indicador	Frecuencia	Porcentaje
Viernes	19	63,3
4 veces al mes	11	36,7
Total	30	100,0

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nº 9: Disponibilidad mecánica una vez implementado el programa de mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Podemos notar que existe una apreciación que el 63.3% corresponde a los días viernes para la disponibilidad mecánica después del mantenimiento, y el 36.7% a 4 veces al mes.

Tablas cruzadas

Tabla Nº 4: Resumen realizado en el procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaj e	N	Porcentaj e	N	Porcentaj e
Disponibilidad mecánica antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo *	30	100,0%	0	0,0%	30	100,0%
Disponibilidad mecánica luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo.						

Disponibilidad mecánica apreciada antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo*Disponibilidad mecánica apreciada luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo. tabulación cruzada

		Disponibilidad mecánica apreciada luego de implementar del programa de mantenimiento preventivo.		Total
		Viernes	4 veces al mes	
Disponibilidad mecánica apreciada antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo	Lunes	4	0	4
	Miércoles	6	0	6
	Jueves	2	0	2
	Viernes	7	6	13
	3 veces a la semana	0	2	2
	2 veces a la semana	0	2	2
	4 veces al mes	0	1	1
Total		19	11	30

Correlaciones

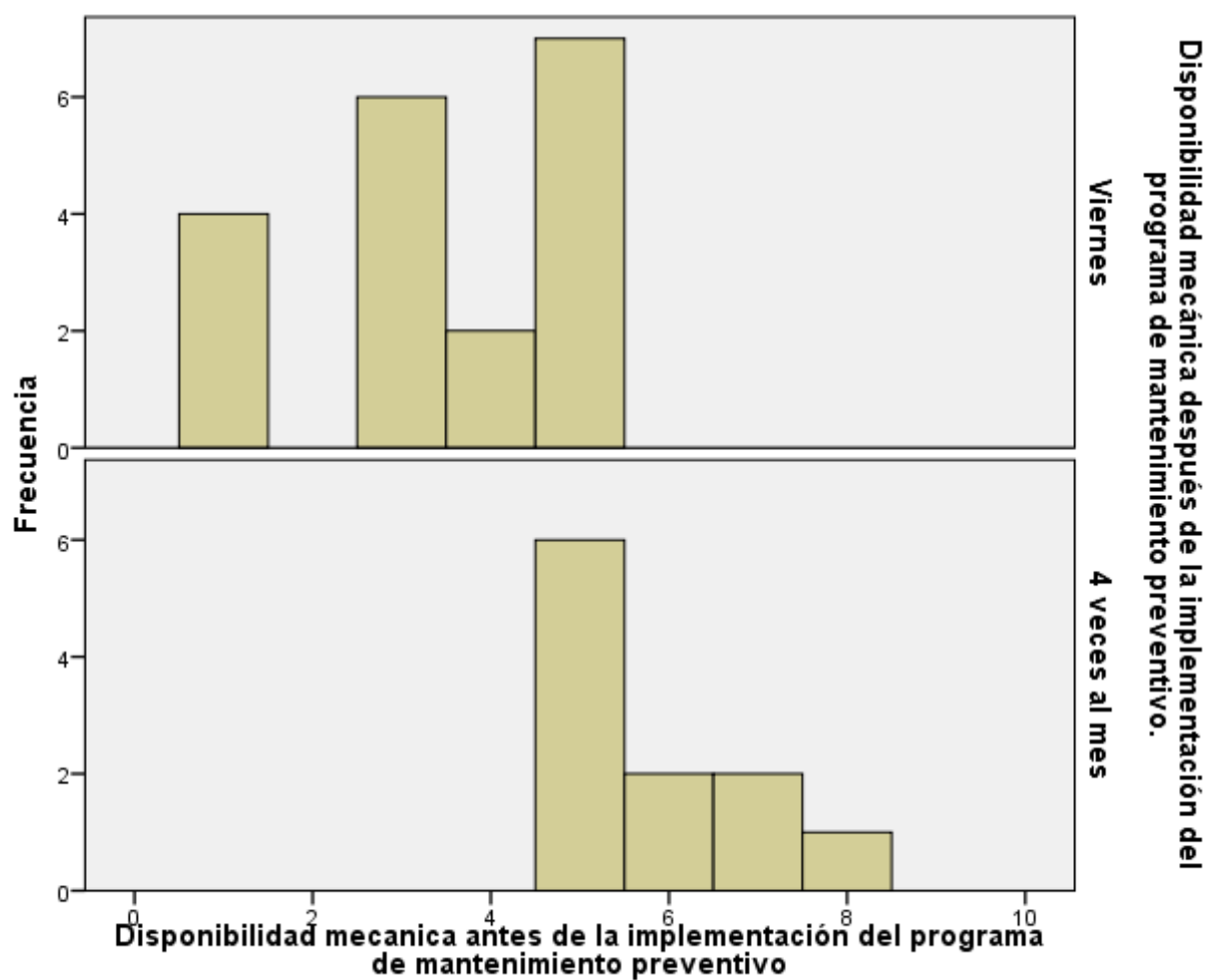
Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Disponibilidad mecánica antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo	4,30	1,803	30
Disponibilidad mecánica luego de implementado el programa de mantenimiento preventivo.	6,10	1,470	30

Correlaciones

		Disponibilidad mecánica antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo	Disponibilidad mecánica luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo.
Disponibilidad mecánica antes de implementar el programa de mantenimiento preventivo	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 30	,652** ,000 30
Disponibilidad mecánica luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,652** ,000 30	1 30

Figura Nº 10: Disponibilidad mecánica después de la implementación del programa de mantenimiento preventivo.



CONCLUSIONES

1. En la implantación del plan de mantenimiento nos sirvió para incrementar toda la disposición mecánica que existe en la retroexcavadora Caterpillar 420f2.
2. Es importante destacar cuáles son los componentes o elementos difíciles de la retroexcavadora Caterpillar 420f2, ya que esto nos permitirá obtener un mejor control para inspeccionar los componentes que principalmente pueden llegar a malograrse de no realizarse un correcto control de ellos.
3. Podemos concluir realizando algún programa de mantenimiento tales como; sus políticas y normas, realizar un organigrama de todo el personal del área de mantenimiento, dictarles capacitación al personal, realizar evaluaciones de los recursos materiales, generar algunas órdenes de trabajo, la ejecución de documentos de inspección de mantenimiento, y por ultimo crear reglas para la ejecución de mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Erikson, G. E. (2017). *Gestión Del Mantenimiento Para La Operatividad De La Maquinaria De Movimientos De Tierras Iccgsa En La Vía Huancayo-Ayacucho*. Recuperado el 02 de junio de 2019, de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1648/TESIS-%20GARCIA%20ESTEBAN%20EDUARDO%202017_REV%20005.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Amador. (2005). Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para la flota de equipos pesados de la zona vial N° 5 dirección general de caminos Salama. Salama.
3. CAT. (4 de noviembre de 2019). *crane and machinery*. Obtenido de https://www.gruasyaparejos.com/maquinaria/gestion-de-mantenimiento-de-maquinaria-pesada/#mantenimiento_predictivo
4. Figueroa, J., & Colon, A. (2009). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo a los equipos pesados de la empresa Centtacar
5. Guevara Villanueva, J. M. (2015). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Total Para La Maquinaria Pesada En La Empresa Ángeles – Proyecto Minero La Granja, 2015*. Recuperado el 02 de junio de 2019, de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10087/tapia_fe.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. machine, C. (4 de noviembre de 2019). *Crane and Machinery*. Obtenido de <https://www.gruasyaparejos.com/gruas-de-construccion/maquinaria-pesada/>

7. Márquez, M. (4 de noviembre de 2019). *MANUAL DE INGENIERIA DE LA CALIDAD*. Obtenido de <http://47407209-iii-c8-gestion-mantenimiento-160818045251.pdf>
8. Mora, A. (4 de noviembre de 2019). *Academia. Libro: Mantenimiento, planeacion, ejecucion y control*. Obtenido de https://www.academia.edu/37071909/Libro_Mantenimiento_Alberto_Mora_1ed_1_
9. Pascual. (2002). *Manual del ingeniero de mantenimiento, gestión moderna del mantenimiento*.
10. Pérez C. & Salgado O. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo programado para equipo pesado y motores fuera de borda del gobierno autónomo descentralizado del cantón colta con la utilización de un software*.
11. Ventura, M. E. (4 de noviembre de 2019). *Ciencia y Desarrollo universidad Alas Peruanas*. Obtenido de <http://revistas.uap.edu.pe> › ojs › index.php › CYD › article › download
12. WILDER, R. M. (4 de noviembre de 2019). *universidad nacional san luis gonsaga. ingenieria mecanica, electrica y electronica*. Obtenido de <https://fimegrupob0.blogspot.com/>